

ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ХАРАНОРСКОЙ ГРЭС: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА

Е. Ю. Афонина, Н. А. Ташлыкова

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,
672014, г. Чита, Забайкальский край, Недорезова ул., 16А, e-mail: kataf@mail.ru*

Поступила в редакцию 20.09.2020

В апреле, июле и октябре 2019 г. исследован планктон системы водоема-охладителя Харанорской ГРЭС (Забайкалье), а также проанализирована его многолетняя динамика в 1995–2019 гг. В составе планктона идентифицировано 141 таксона водорослей рангом ниже рода и 52 таксона беспозвоночных. Количество фитопланктона изменялось от 20 до 742 тыс. кл./л и от 65 до 711 мг/м³, зоопланктона – от 7 до 212 тыс. экз./м³ и от 0.01 до 2.7 г/м³. Максимальное развитие водорослей наблюдалось летом или осенью, беспозвоночных – весной или летом. В многолетнем ряду наблюдений выявлено увеличение видового богатства диатомовых водорослей и коловраток, сокращение числа видов зеленых и золотистых водорослей. Отмечена тенденция к снижению общего количества планктона на фоне увеличения обилия цианобактерий, зеленых водорослей, коловраток и кладоцер.

Ключевые слова: фитопланктон, зоопланктон, видовой состав, численность и биомасса, сезонная и многолетняя динамика, водоем-охладитель, дренажный и поводящий каналы, Харанорская ГРЭС.

DOI: 10.47021/0320-3557-2021-39-65

ВВЕДЕНИЕ

Харанорская ГРЭС является крупнейшей тепловой электростанцией в Восточном Забайкалье и самой мощной станцией Забайкальской энергосистемы. Установленная мощность ГРЭС составляет 665 МВт. На станции три действующих энергоблока. Первый энергоблок был введен в эксплуатацию в 1995 г., второй – в 2001 г., третий – в 2012 г. Основным видом топлива являются бурые угли Харанорского и Уртуйского угольных разрезов.

Гидросооружения Харанорской ГРЭС включают сооружения системы охлаждения и сооружения системы гидрозолаудаления. Система охлаждения представлена наливным водохранилищем, плотиной, водозаборным и водосбросными сооружениями, береговой и блочной насосной станциями, дренажным каналом [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)].

Водоем-охладитель образован путем обвалования дамбами участка поймы р. Онон в месте впадения в нее р. Турга. Водохранилище представляет собой бессточный водоем озерно-прудового типа площадью водного зеркала при нормальном подпорном уровне (НПУ, 574 м БС) 4.1 км², объемом водной массы – 15.6 млн. м³, средней глубиной 3.8 м. Заполнение и подпитка водохранилища в период открытой воды происходит за счет подачи воды из р. Онон по водоподводящему каналу, в период ледостава – из дренажного канала [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)]. Система технического водоснабжения станции смешанная (прямоточно-оборотная) летом и полностью оборотная зимой.

По водоподводящему каналу вода из р. Онон поступает к береговой насосной станции (БНС), расположенной в конце канала, и закачивается в водохранилище. Сюда же по двум переливным трубам из дренажного канала поступает вода, профильтровавшаяся из водохранилища. Водозаборный канал, предназначенный для отбора охлажденной циркуляционной воды из водоема-охладителя, образован плотиной и струенаправляющей дамбой, имеет длину около 4.5 км, ширину по урезу воды около 150 м, глубину 3–3.5 м. В водосбросный канал (ВСК) сбрасывается нагретая на гидростанции циркуляционная вода. Дренажный канал длиной около 2 км, шириной 150–250 м и глубиной до 7–8 м, проложен параллельно плотине водохранилища-охладителя со стороны долины р. Онон [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)].

Харанорское водохранилище по уровню продуктивности отнесено к категории эвтрофных водоемов [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005); Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)]. Высокая продуктивность водоема поддерживается за счет поступления в него избыточного количества органического вещества и биогенных элементов с водосборной площади, а также теплового эффекта ГРЭС. В 2012–2013 гг. показано, что увеличилась антропогенная нагрузка на водоем (прежде всего тепловая), снизилось качество воды, изменилась структура биоценозов [Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)]. Исследования 2019 г. позволили получить новые данные по составу и структуре планктонных

сообществ (водорослей и беспозвоночных). Цель работы – оценка современного состояния водных объектов Харанорской ГРЭС (водо-

хранилище-охладитель, подводящий и дренажный каналы) и анализ многолетних изменений планктоценозов в водоеме-охладителе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования по изучению фито- и зоопланктона водных объектов Харанорской ГРЭС (пруд-охладитель, дренажный и подводящий каналы) включали три биологических сезона 2019 г.: весна (апрель), лето

(июль) и осень (октябрь). Отбор проб осуществляли на 13 станциях: по одной станции в водоподводящем и дренажном каналах, три станции в водоподводящем и дренажном каналах, три станции в водозаборном канале и восемь – в основной чаше водохранилища (рис. 1).

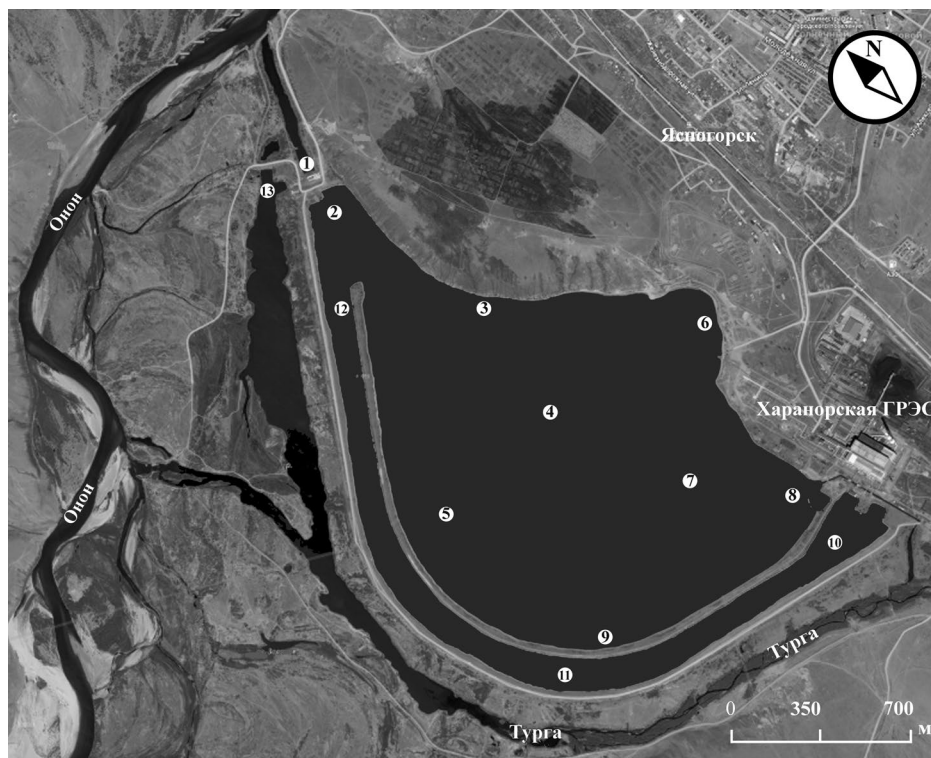


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб в 2019 г. № 1 – водоподводящий канал, №№ 2–9 – чаша водохранилища (№2 – БНС, № 8 – ВСК), №№ 10–12 – водозаборный канал, № 13 – дренажный канал.

Fig. 1. Map of the sampling sites in 2019. № 1 – water supply channel, №№ 2–9 – reservoir (№2 – coastal pumping station, № 8 – spillway channel), №№ 10–12 – water intake channel, № 13 – drainage channel.

Пробы фитопланктона отбирали в приповерхностном и придонном слоях, материал фиксировали 4%-м раствором формальдегида. Пробоподготовку проводили осадочным методом, каждую пробу обрабатывали отдельно. Водоросли учитывали по методу Гензена с помощью счетной пластины. Биомассу определяли по объему отдельных клеток или колоний водорослей, их удельную массу принимали равной единице. Объемы водорослей приравнивали к объемам соответствующих геометрических фигур [Садчиков, 2003 (Sadchikov, 2003)].

Пробы зоопланктона в водохранилище отбирали totally сетью Джеди (средняя модель, ячей сита 64 мкм). В каналах процеживали 100–120 л воды через гидробиологический сачок (ячей сита 73 мкм). Лабораторную обработку фиксированных 4%-м раствором формальдегида образцов проводили по методике

[Киселев, 1969 (Kiselev, 1969)]. Данные по биомассе зоопланктона получали путем определения индивидуального веса организмов с учетом их размера [Ruttner-Kolisko, 1977; Балущкина, Винберг, 1979 (Balushkina, Vinberg, 1979)].

Идентификацию видов фитопланктона проводили по определителям [Попова, 1955 (Popova, 1955); Starmach, 1966, 1968a, b, 1974; Hindak, 1977, 1980, 1984, 1988, 1990; Ettl, 1983; Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b; Popovskiy, Pfiester, 1990; Hartley, 1996], зоопланктона по [Кутикова, 1970 (Kutikova, 1970); Смирнов, 1971 (Smirnov, 1971); Боруцкий и др., 1991 (Borutskii et al., 1991); Определитель..., 1995 (Identification guide..., 1995)]. Классификация таксонов и синонимы каждой группы водорослей приведены согласно электронной базе AlgaeBase [Guiry, Guiry, 2019]. Для анализа

структуры фито- и зоопланктона использовали индексы видового разнообразия – Шеннона, Симпсона и Пиелу [Мэггаран, 1992 (Magurran, 1992)]. Значение отдельных видов в формировании планктона рассчитывали по частотам встречаемости и доминирования [Кожова, 1970 (Kozhova, 1970); Баканов, 2005 (Bakanov, 2005)]. К доминирующим относили виды, численность которых составляла не менее 10% от общего количества фитопланктона [Корнева, 2015 (Korneva, 2015)] и не менее 5% от общей численности зоопланктона [Федоров, Гильманов, 1980 (Fedorov, Gil'manov, 1980)].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологическая характеристика водоема-охладителя. Объем воды в водохранилище составляет 16000 тыс. м³. Объем перекачиваемой воды при работе трех энергоблоков с января по октябрь 2019 г. составил 473638 тыс. м³ (данные филиала “Харанорская ГРЭС” АО “Интер РАО–Электрогенерация”). В течение этого времени вода в водохранилище (при НПУ) проходила через турбины 32 раза. Для сравнения, с января по декабрь 2012 г. полный водооборот составлял 35 раз [Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)], в 2001–2003 гг. – 26.5 раз [Афони́на, 2012 (Afonina, 2012)].

Структуру зоопланктона оценивали по индикаторным показателям [Андроникова, 1996 (Andronikova, 1996)]. Трофическая и топическая характеристики (экогруппа) даны по Ю.С. Чуйкову [2000 (Chujkov, 2000)].

Измерения абиотических параметров среды (минерализация, окислительно-восстановительный потенциал, электропроводность, pH, мутность, температура воды) проводили с помощью многопараметрического анализатора качества воды AQVAMETER “Aquaead” (Великобритания). Прозрачность воды определяли по диску Секки.

В первые годы наполнения водохранилища (1995–1999 гг.) уровень воды был нестабильным и опускался ниже НПУ и УМО (уровень мертвого объема, 572.5 м) [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)]. С 2000 г. до настоящего времени среднегодовая отметка уровня воды поддерживается близкой к НПУ. С 2017 г. для уменьшения содержания взвешенных веществ в осенний период уровень воды в водохранилище понижают. Динамика среднемесячного уровня воды в водохранилище за 2019 г. представлена на рис. 2.

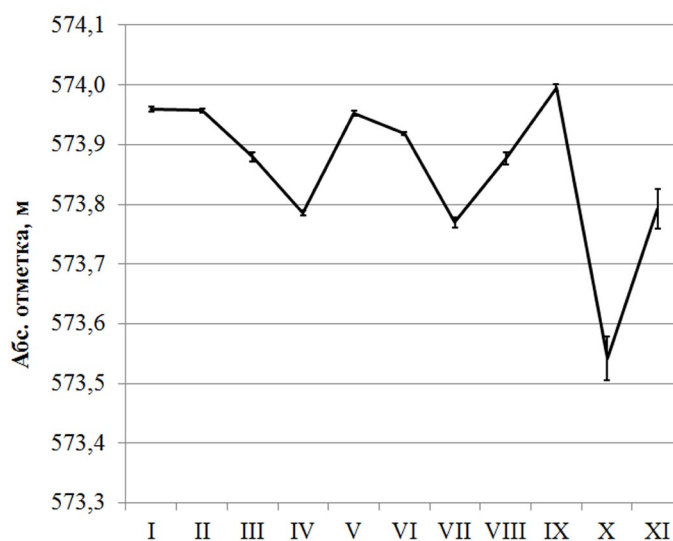


Рис. 2. Динамика среднемесячных значений уровня воды (м БС) в водоеме-охладителе Харанорской ГРЭС в 2019 г. (по данным филиала “Харанорская ГРЭС” АО “Интер РАО–Электрогенерация”).

Fig. 2. Dynamics of the average monthly values of the water level (m BS) in the cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP in 2019 (according to the data of the Kharanorskaya SDPP branch of JSC Inter RAO–Electric Power Plants).

Термический режим в водоеме-охладителе определяется не только климатическими особенностями и морфометрическими показателями, но и антропогенным изменением гидродинамических процессов: объемом сброса теплых вод, разностью температуры забираемой и сбрасываемой воды [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'...,

2005)]. Сброс подогретых вод приводит к увеличению вегетационного сезона в водохранилище за счет более раннего прогрева весной (вторая декада апреля) и более позднего ледостава осенью (третья декада октября). Участок сброса подогретых вод зимой не замерзает.

В 2019 г. наибольший прогрев воды отмечался в июле (на входе в конденсатор –

24.7°C, на выходе – 33.2°C). Разница температуры поступающей и сбрасываемой в водоем воды составляла 7.1–9.4°C (рис. 3). Ранее, раз-

ница температуры воды была выше и составляла 7.7–10.2°C в 2011 г. и 9.2–11.5°C в 2013 г. [Afonina, Tashlykova, 2019].

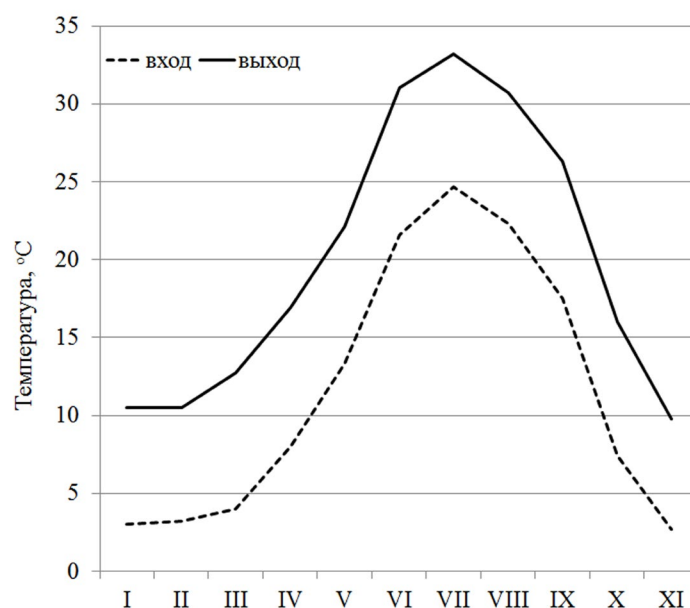


Рис. 3. Динамика среднемесячной температуры воды в водоеме-охладителе Харанорской ГРЭС в 2019 г. (по данным филиала “Харанорская ГРЭС” АО “Интер РАО – Электрогенерация”).

Fig. 3. Dynamics of the average monthly values of the water temperature in the cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP in 2019 (according to the data of the Kharanorskaya SDPP branch of JSC Inter RAO–Electric Power Plants).

Разность температур воды на поверхности и у дна водоема составляла в апреле и октябре 0.1–0.3°C, в июле – 0.6–5.8°C. Наиболее прогретой частью водоема является место выпуска теплового потока. За счет широкого выпуска с невысокой скоростью течения достигается хорошее перемешивание воды. Выпуск подогретой воды в водоем-охладитель сопровождается образованием сложных течений, компактных струй и водоворотов. Из-за малой площади водоема значительное влияние на распространение теплых вод по его поверхности оказывают ветро-волновые процессы, а также строение берегов [Афони́на и др., 2020 (Afonina et al., 2020)]. В 2012–2013 гг. разница температуры между верхним и нижним слоями воды в летний период была больше и достигала 8–10°C [Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)]. В 1995–2003 гг. температура по всей толще воды была практически одинаковой, разность прогрева поверхностных и придонных слоев составляла не более 0.6°C и в некоторой степени являлась случайной [Афони́на, 2012 (Afonina, 2012)].

Анализ данных по температуре воды в июле в районе ВСК показал, что ее максимум (35.1°C) наблюдался в 2012 г. (рис. 4). В 2012–2013 гг. влияние высокой (выше 28°C) температуры воды привело к значительному сокращению видового разнообразия и обилия

водорослей, макрофитов, беспозвоночных и рыб [Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)].

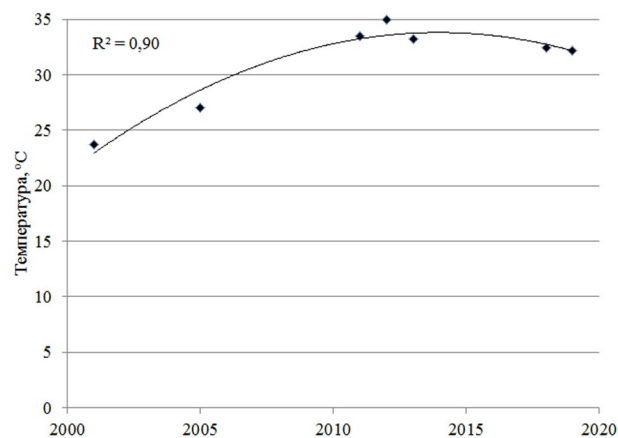


Рис. 4. Многолетние изменения температуры воды в водоеме-охладителе Харанорской ГРЭС в августе на ст. 8 (Водосбросный канал).

Fig. 4. Long-term changes in water temperature in the cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP in August at st. 8 (Spillway channel).

Снижение показателей обилия планктона при высокой температурной нагрузке отмечают и в других водоемах-охладителях [Каратаев, 1988 (Karataev, 1988); Погребов, Рябова, 1988 (Pogrebov, Ryabova, 1988); Шуйский и др., 1995 (Shuyskiy et al., 1995); Новоселова, Протасов, 2014 (Novoselova, Protasov, 2014)].

Уровень pH воды от весны к осени увеличивался от слабокислого в апреле (6.5–6.7) до щелочного в октябре (8.2–8.7). Ранее pH воды достигала 9.3 [Водоем-охладитель..., 2005 (Cooling reservoir..., 2005)].

Абиотические показатели. В 2019 г. В водохранилище глубина отбора проб варьировала от 0.5 (ст. 9) до 5.2–5.5 м (ст. 2), про-

зрачность воды изменялась от 0.7–0.8 м в июле до 4.5 м в октябре (рис. 5). Прозрачность выше 4 м зарегистрирована впервые. Данные, полученные в апреле и июле, сопоставимы с таковыми за предыдущие годы исследований [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005); Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)].

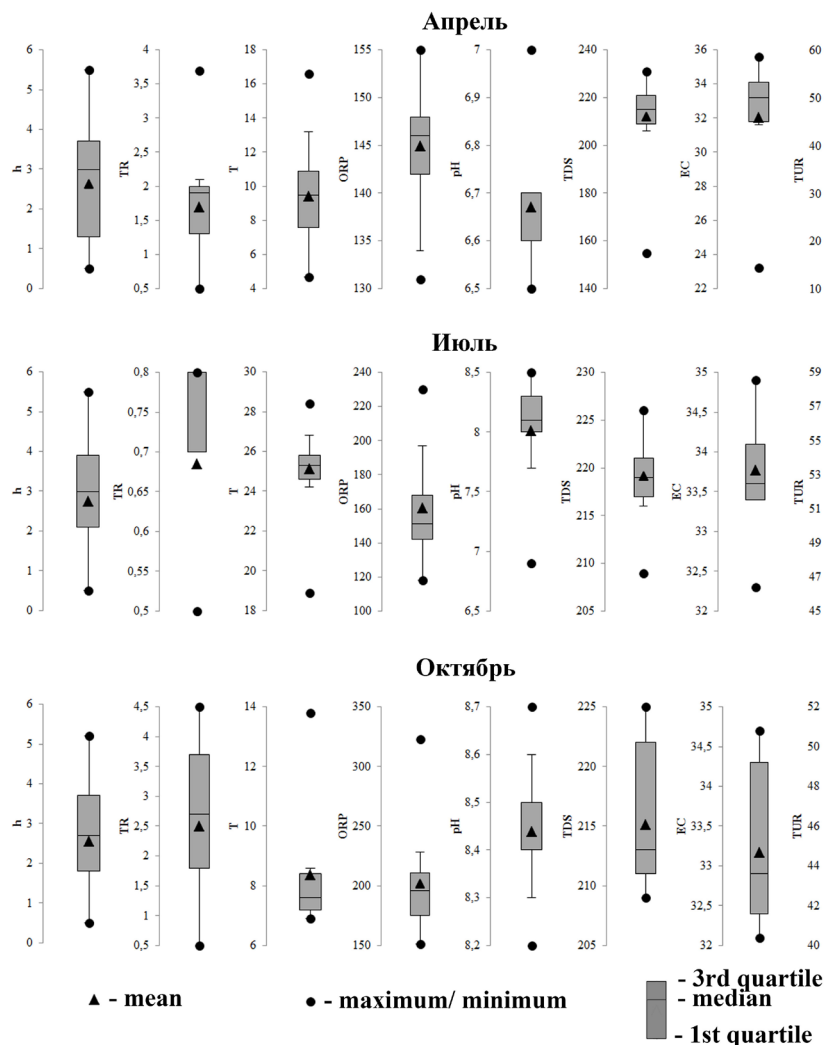


Рис. 5. Абиотические параметры среды водоема-охладителя Харанорской ГРЭС в 2019 г. Здесь и в табл. 2: h – глубина (м), TR – прозрачность (м), T – температура воды (°C), ORP – окислительно-восстановительный потенциал (мВ), TDS – общая минерализация (мг/л), EC – электропроводность (мкСм/см), TUR – мутность (ЕМФ). Боксы: нижняя граница – квартиль 25% (1st quartile), верхняя – квартиль 75% (3rd quartile), поперечная линия – медиана (median), линии разброса – края статистически значимой выборки.

Fig. 5. Environment abiotic parameters in the cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP in 2019. Here and for table 2: h – depth (m), TR – transparency (m), T – water temperature (°C), ORP – oxidation-reduction potential (mV), TDS – total mineralization (mg/l), EC – electrical conductivity (μS/cm), TUR – turbidity (UTF). Boxes: lower limit – quartile 25% (1st quartile), upper limit – quartile 75% (3rd quartile), cross line – median, scatter lines – the edges of a statistically significant sample.

Общая минерализация воды в пространственно-временном аспекте почти не изменялась и варьировала в пределах 206–231 мг/л. Эти значения немного выше по сравнению с отмеченными в 2002 г. (189–207 мг/л). Основной причиной роста содержания растворенных

солей является сброс в водоем продуктов очистки котлоагрегатов [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)].

Макрокомпонентный состав вод Харанорского водохранилища в сентябре 2019 г. представлен в таблице 1.

Таблица 1. Гидрохимический состав вод водоема-охладителя Харанорский ГРЭС в сентябре 2019 г. (по данным филиала “Харанорская ГРЭС” АО “Интер РАО–Электрогенерация”)**Table 1.** Hydrochemical composition in the cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP in September 2019 (according to the data of the Kharanorskaya SDPP branch of JSC Inter RAO–Electric Power Plants)

Параметры Parametres	Единица измерения Unit	№ станции / Station number	
		4 (Центр)	2 (БНС)
Жесткость	°Ж	2.30	2.42
Минерализация (расч.)	мг/л	223.0	229.0
Щелочность	ммоль/л	2.25	2.30
CO ₃ ²⁻	мг/л	17.8	10.6
HCO ₃ ⁻	мг/л	137.2	140.3
SO ₄ ²⁻	мг/л	26.4	26.4
Cl ⁻	мг/л	4.75	4.72
F ⁻	мг/л	0.83	0.85
Ca ²⁺	мг/л	30.9	32.2
Mg ²⁺	мг/л	9.25	9.85
Na ⁺	мг/л	12.1	13.0
K ⁺	мг/л	0.53	0.56
Si ⁴⁺	мг/л	5.46	5.46

Общая жесткость соответствовала мягким водам, что отмечали и ранее [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005); Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)]. По химическому составу воды водохранилища гидрокарбонатно-натриевые. Однако в июне 2002 г. среди анионов преобладали сульфаты, а в сентябре среди катионов – ионы магния [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-

okhladitel'..., 2005)]. По сравнению с предыдущими исследованиями отмечено увеличение концентрации гидрокарбонатов, фтора, кальция, калия, уменьшение – хлоридов и магния.

Абиотические параметры среды в подводящем и дренажном каналах различались (табл. 2). Это, возможно, вызвано разной проточностью, подстилающими грунтами и источниками питания).

Таблица 2. Абиотические параметры среды* в подводящем (ПК) и дренажном (ДК) каналах в 2019 г.**Table 2.** Environment abiotic parameters* in the water supply channel (WSC) and drainage channel (DC) in 2019

Каналы / Channels	T	ORP	pH	TDS	EC	TUR
22 апреля April 22						
ПК/WSC	4.7	135	6.9	155	24.1	15.3
ДК/DC	5.2	131	7.0	211	32.4	54.6
22 июля July 22						
ПК/WSC	26.7	126	8.4	226	34.9	53.5
ДК/DC	18.9	230	6.9	219	33.4	46.5
14 октября October 14						
ПК/WSC	7.8	175	8.5	222	34.4	48.5
ДК/DC	6.9	191	8.4	225	34.7	50.4

Примечание. “*” – параметры даны для поверхностных слоев воды. Обозначения показателей – как на рис. 5.

Note. “*” – parameters are given for surface water layers. The symbols are as in Fig. 5.

Современное состояние фитопланктона. В составе альгофлоры планктона обследованных водных объектов был зарегистрирован 141 таксон водорослей рангом ниже рода (123 вида, разновидности и формы) из 8 отделов. В водохранилище отмечено 138 таксонов рангом ниже рода, в подводящем канале – 58, в дренажном – 50 (табл. 3).

Отдел Chlorophyta характеризовался наибольшим видовым богатством (40% от общего количества таксонов), среди которых наиболее

часто встречались *Monoraphidium contortum*, *M. komarekii*, *Tetrastrum komarekii*, *Tetraedron minimum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Oocystis borgei*, *O. lacustris*, *Pediastrum simplex*, виды рода *Chlamydomonas*. Постоянными компонентами планктона являлись *M. contortum*, *T. komarekii*, *O. borgei*, *O. lacustris* и *S. quadricauda*.

Отдел Bacillariophyta по видовому богатству занимал второе место (29%). Виды *Stephanodiscus hantzschii*, *S. minutulus*, *Nitzschia*

graciliformis, *Fragilaria radians* и *Asterionella formosa* вносили существенный вклад в создание общей численности и биомассы во все даты исследований.

Суанобактерия принадлежало третье место в создании видового разнообразия (10%). Вид *Aphanizomenon flosaquae* и виды рода *Oscillatoria* входили в состав доминирующего комплекса фитопланктона. Максимальной численности достигали в июле.

Chrysophyta, не смотря на относительно низкое видовое богатство (7%), отмечались в составе доминантов в весенний и осенний периоды. Среди них особо выделялись *Chrysococcus rufescens* и *Dinobryon divergens*.

Dynophyta (3%) были представлены в планктоне исключительно крупноклеточными формами. Вид *Gymnodinium paradoxum* имел значительную долю (14–52%) в создании биомассы фитопланктона в осенний период.

Прочие отделы водорослей (Charophyta, Cryptophyta, Euglenophyta), на долю которых суммарно приходилось 12% всех таксонов, существенного значения в структуре фитопланктона не имели.

Доминирующий комплекс фитопланктона был представлен 16 видами (табл. 4).

Среди Chlorophyta к наиболее часто встречающимся видам отнесены: *O. lacustris* и *S. ellipticus* (pF > 50 %), *O. borgei*, *P. boryanum* и *T. komarekii* (pF = 20–50%). При стабильно вы-

сокой частоте встречаемости, порядок доминирования для некоторых видов имел низкие значения, что может свидетельствовать о случайном характере индивидуального доминирования.

У цианобактерий в составе доминантов отмечен *A. flosaquae*, который при pF = 32 имел достаточно высокий Dt (81). Этот вид, обладая невысокой встречаемостью, может массово развиваться в водоеме при наличии благоприятных условий. Аналогичная картина характерна для динофитовых и золотистых водорослей.

Для диатомовых водорослей отмечено высокое значение индекса встречаемости (pF = 45–85) и порядка доминирования (Dt = 47–96), что позволяет говорить об оптимальном сочетании факторов среды для развития данных видов.

Эколого-географический анализ фитопланктона по характеристикам: местообитание, распространение, галобность и ацидификация показал, что наибольшего разнообразия достигали планктонные (58%) и факультативно-планктонные (25%) водоросли и представители водорослей с широким географическим распространением (87%). По отношению к минерализации, альгофлора преимущественно представлена пресноводными видами – 86% (галофобы – 5% и индифференты – 81%), по отношению к pH – алкалифилами (65%) и индифферентами (29%) (рис. 6).

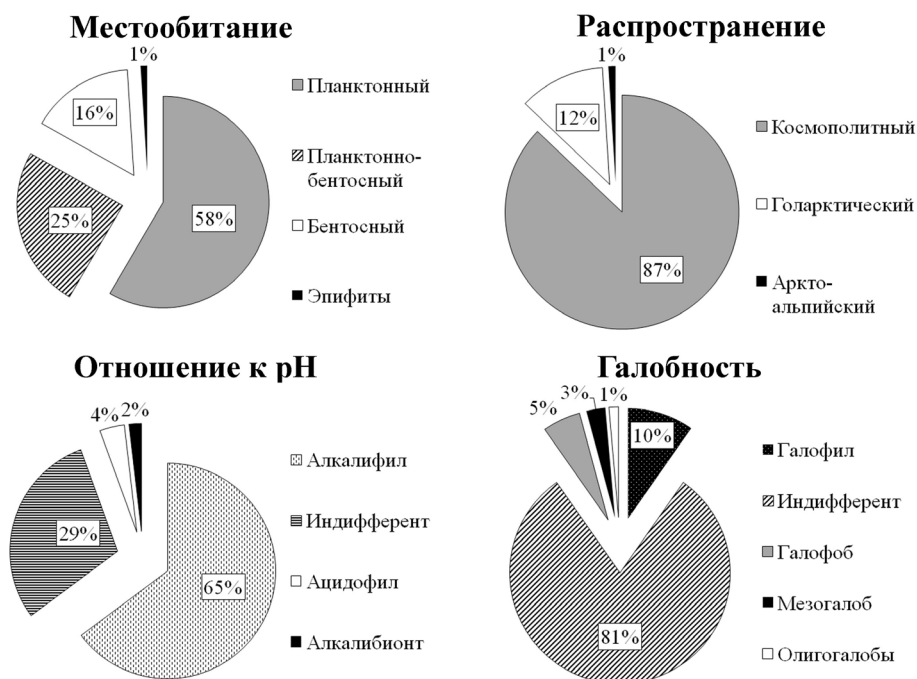


Рис. 6. Экологическая характеристика фитопланктона гидросооружений Харанорской ГРЭС в 2019 г.

Fig. 6. Ecological characteristics of the phytoplankton in water bodies of the Kharanorskaya SDPP in 2019.

Таблица 3. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика фитопланктона водных объектов Харанорской ГРЭС в 2019 г.

[illegible]

Таксон Taxon	Апрель April			Июль July			Октябрь October			Эколого-географическая характеристика Ecological and geographical characteristics			
	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Географическая приуроченность	Приуроченность к местообитанию	Галобность	Ацидификация
<i>Pseudokephyrion conicum</i> Schiller 1929	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Dinobryon cylindricum</i> O.E. Imhof 1887	+	-	+	-	-	-	-	-	-	k	P	i	-
<i>D. divergens</i> O.E. Imhof 1887	+	-	+	-	-	-	+	+	-	k	P	i	i
<i>D. sertularia</i> Ehrenberg 1834	+	-	-	-	-	-	-	-	+	k	P	i	-
<i>Mallomonas</i> sp.	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Bacillariophyta													
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen 1979	+	-	-	-	-	-	-	-	-	k	P	i	alb
<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	i	i
<i>A. islandica</i> (Otto Müller) Simonsen 1979	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	i	alf
<i>A. sp.</i>	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira varians</i> C.Agardh 1827	+	+	-	+	+	-	-	-	-	k	PB	hl	alf
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cleve & Grunow 1880	+	+	+	+	+	+	+	+	+	k	P	i	alf
<i>S.minutulus</i> (Kützing) Cleve & Möller 1882	-	-	-	+	-	+	+	+	+	k	P	i	alf
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round in Theriot et al. 1988	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. graciliformis</i> Lange-Bertalot & Simonsen 1978	+	-	+	+	-	+	-	+	+	k	PB	i	alf
<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith 1853	+	+	+	+	+	+	+	+	+	k	PB	i	alf
<i>N. sp.</i>	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830	+	-	-	+	+	-	+	-	+	k	B	i	alf
<i>F. crotonensis</i> Kitton 1869	+	-	-	-	-	+	-	-	-	k	P	hl	alf
<i>F. radians</i> (Kützing) D.M. Williams & Round 1987	+	+	+	+	+	-	+	+	+	k	B	i	alf
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith 1851	+	-	-	+	-	-	+	-	-	k	PB	i	alf
<i>Iconella capronii</i> (Brébisson & Kitton) Ruck & Nakov in Ruck et al. 2016	+	-	-	-	-	-	+	-	-	k	PB	i	i
<i>I. hibernica</i> (Ehrenberg) Ruck & Nakov in Ruck et al. 2016	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	+	+	-	+	+	-	+	-	-	k	PB	i	alf
<i>C. pediculus</i> Ehrenberg 1838	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	B	i	alf

Таксон Taxon	Апрель April			Июль July			Октябрь October			Эколого-географическая характеристика Ecological and geographical characteristics			
	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Географическая приуроченность	Приуроченность к местообитанию	Галобность	Ацидификация
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot 1999	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	B	-	-
<i>Cymbella</i> sp.	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Didymosphenia geminate</i> (Lyngbye) Mart. Schmidt in A. Schmidt 1899	+	-	-	-	-	-	-	-	-	a-a	B	i	i
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson 1838	+	-	-	-	+	-	+	+	+	k	B	i	alf
<i>G. coronatum</i> Ehrenberg 1841	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	B	-	-
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	+	+	-	+	+	-	+	+	+	k	B	i	alf
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	+	-	-	+	-	-	+	+	-	k	PB	i	alf
<i>Navicula</i> sp.	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski 1996	+	-	-	-	-	-	-	-	-	k	B	i	alf
<i>Pinnularia</i> sp.	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Epithemia sorex</i> Kützing 1844	-	-	-	-	+	-	-	-	-	k	B	i	alf
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller 1895	-	-	-	-	+	+	-	+	-	k	B	i	alb
<i>Diatoma vulgare</i> Bory 1824	+	-	-	-	-	-	-	-	-	k	PB	i	i
<i>D. v. f. producta</i> (Grunow) A. Kurz 1922	+	-	-	-	-	-	+	-	-	k	B	i	alf
<i>Asterionella formosa</i> Hassall 1850	+	+	+	+	+	+	+	+	+	k	P	i	alf
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh 1831	+	-	-	-	-	-	+	-	-	k	B	hb	alf
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	+	-	-	k	PB	hb	acf
<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing 1844	-	-	-	-	-	-	+	-	-	k	PB	hb	acf
<i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère & Bukhtiyarova in Bukhtiyarova & Compère 2006	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	i	alf
<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001	+	+	+	+	+	-	+	+	+	k	PB	i	alf
<i>U. capitata</i> (Ehrenberg) Compère 2001	-	-	-	-	-	-	+	-	-	k	B	i	alf
<i>Tabularia tabulate</i> (C. Agardh) Snoeijjs 1992	+	+	-	+	+	-	+	+	+	k	B	mh	i

Таксон Taxon	Апрель April			Июль July			Октябрь October			Эколого-географическая характеристика Ecological and geographical characteristics			
	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Географическая приуроченность	Приуроченность к местообитанию	Галобность	Ацидификация
Cryptophyta													
<i>Komma caudate</i> (L. Geitler) D.R.A. Hill 1991	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	-	-
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja 1948	-	-	-	+	+	-	-	-	-	k	P	i	-
<i>C. ovata</i> Ehrenberg 1832	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	P	hl	-
Dinophyta													
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin 1841	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	P	i	-
<i>Peridinium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnodinium paradoxum</i> A.J. Schilling 1891 var. <i>paradoxum</i>	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Apocalathium aciculiferum</i> (Lemmermann) Craveiro, Daugbjerg, Moestrup & Calado 2016	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Charophyta													
<i>Closterium bicurvatum</i> Delponte	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>C. sp.</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurostrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs 1848	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	P	i	-
<i>S. sp.</i>	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>S. sp</i> ¹ .	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Cosmarium</i> sp.	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. sp</i> ¹ .	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elakatothrix genevensis</i> (Reverdin) Hindák 1962	+	-	-	+	+	-	+	+	-	k	PB	-	-
Chlorophyta													
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda 1838	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	i	-
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair 1917	+	-	-	-	-	-	-	-	-	k	P	i	-
<i>T. komarekii</i> Hindák 1977	+	-	-	+	+	-	+	+	+	Ha	PB	-	-
<i>T. triacanthum</i> Korshikov 1939	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	-	-
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg 1888	+	-	+	-	-	-	-	-	-	k	PB	i	i

Таксон Taxon	Апрель April			Июль July			Октябрь October			Эколого-географическая характеристика Ecological and geographical characteristics			
	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Географическая приуроченность	Приуроченность к местообитанию	Галобность	Ацидификация
<i>T. incus</i> (Teiling) G.M. Smith, 1926	+	-	+	+	-	-	-	-	-	k	PB	i	i
<i>T. minimum</i> (A. Braun) Hansgirg, 1888	+	+	-	+	-	+	+	+	-	k	PB	i	-
<i>T. triangulare</i> Korshikov, 1953	+	-	+	+	-	+	-	-	-	k	PB	i	-
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E. Hegewald in Buchheim et al. 2005	+	-	+	+	-	-	+	+	-	k	PB	i	i
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen 1829	+	-	-	+	-	-	+	-	-	k	PB	i	i
<i>P. simplex</i> Meyen 1829	+	-	+	+	-	-	+	+	-	k	PB	-	-
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E. Hegewald in Buchheim et al. 2005	+	-	-	+	+	-	-	-	-	k	PB	i	i
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák, 1970	+	-	-	+	-	-	-	+	+	k	PB	-	-
<i>M. contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová in Fott, 1969	+	-	-	+	+	+	+	+	+	k	PB	-	-
<i>M. komarkovae</i> Nygaard, 1979	+	+	+	+	+	-	-	-	-	Ha	PB	-	-
<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969	+	-	-	+	+	-	-	-	-	k	PB	-	-
<i>M. tortile</i> (West & G.S.West) Komárková-Legnerová 1969	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	P	-	-
<i>M. minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová 1969	+	-	-	+	-	+	+	-	-	k	PB	-	-
<i>Messastrum gracile</i> (Reinsch) T.S.Garcia in T.S. Garcia et al. 2016	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	-	-
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen, 1829	+	-	-	+	+	-	+	-	-	k	PB	i	-
<i>S. arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann 189	-	-	-	+	-	-	+	+	-	k	PB	i	-
<i>S. bicaudatus</i> (Hansgirg) Chodat 1926	+	-	-	+	+	-	-	-	-	k	PB	-	-
<i>S. ellipticus</i> Corda 1835	-	-	-	+	-	-	+	+	-	k	PB	-	-
<i>S. falcatus</i> Chodat, 1894	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	-	-
<i>S. obtusus</i> Meyen 1829	+	-	-	+	-	-	+	-	-	Ha	PB	-	-
<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Brébisson, 1835	+	+	+	+	-	-	+	-	-	k	P	i	i
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris 1867	-	-	-	+	-	-	+	+	-	k	P	-	-
<i>C. microporum</i> Nägeli in A. Braun 1855	-	-	-	+	+	-	+	+	-	k	PB	i	i
<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann 1898	-	-	-	+	+	+	+	+	-	k	P	i	-

Таксон Taxon	Апрель April			Июль July			Октябрь October			Эколого-географическая характеристика Ecological and geographical characteristics			
	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Географическая приуроченность	Приуроченность к местообитанию	Галобность	Ацидификация
<i>Pseudoschroederia robusta</i> (Korshikov) E.Hegewald & E.Schnepf 1986	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	i	-
<i>Ankyra ancora</i> (G.M. Smith) Fott 1957	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	P	-	-
<i>Coenochloris korshikovii</i> Hindák 1984	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	P	i	-
<i>Radiococcus polycoccus</i> (Korshikov) Kostikov, Darienko, Lukesová & L. Hoffmann 2002	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coenococcus planctonicus</i> Korshikov 1953	-	-	-	-	-	-	+	+	-	Ha	P	-	-
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.H. Hegewald 2000	+	-	-	+	-	+	-	-	-	k	PB	-	-
<i>D. intermedius</i> (Chodat) E. Hegewald 2000	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	-	-
<i>D. opoliensis</i> (P.G. Richter) E.Hegewald 2000	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	-	-
<i>D. protuberans</i> (F.E. Fritsch & M.F. Rich) E. Hegewald 2000	-	-	-	+	-	-	-	-	-	Ha	PB	-	-
<i>D. spinosus</i> (Chodat) E. Hegewald 2000	+	-	-	-	-	-	-	-	-	Ha	PB	-	-
<i>Chlamydomonas globose</i> J.W. Snow 1903	+	+	+	+	+	-	-	-	-	k	P	-	-
<i>C. incerta</i> Pascher 1927	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	P	-	-
<i>C. sp.</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Chlorogonium acus</i> Matvienko 1938	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müller) Bory in J.V. Lamouroux, Bory & Deslongschamps 1827	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat 1895	+	-	-	+	-	-	+	-	-	k	P	i	-
<i>L. longiseta</i> (Lemmermann) Printz, 1914	+	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	-	-
<i>L. wratislawiensis</i> Schröder 1897	-	-	-	+	-	-	-	-	-	Ha	PB	-	-
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat, 1897	+	-	-	+	-	-	+	+	+	k	PB	hl	-
<i>O. borgei</i> J.W. Snow 1903	+	-	-	+	+	+	+	+	-	k	PB	i	i
<i>O. marssonii</i> Lemmermann 1898	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	P	-	-
<i>Tetrachlorella alternans</i> (G.M.Smith) Korshikov 1939	-	-	-	+	-	-	-	-	-	Ha	PB	-	-
<i>Hindakia tetrachotoma</i> (Printz) C.Bock, Pröschold & Krienitz 2010	+	-	-	+	-	-	-	-	-	Ha	P	-	-

Таксон Taxon	Апрель April			Июль July			Октябрь October			Эколого-географическая характеристика Ecological and geographical characteristics			
	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Водоем-охладитель Cooling reservoir	Подводящий канал Water supply channel	Дренажный канал Drainage channel	Географическая приуроченность	Приуроченность к местообитанию	Галобность	Ацидификация
<i>Golenkiniopsis solitaria</i> (Korshikov) Korshikov 1953	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	P	—	—
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C. Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz 2011	+	-	-	-	-	-	-	-	-	k	PB	i	i
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim 1882	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	i	—
<i>Koliella longiseta</i> (Vischer) Hindák 1963	-	-	-	-	-	-	+	+	-	k	P	i	—
Euglenophyta													
<i>Euglena longissima</i> (Deflandre) Deflandre	+	-	-	-	-	-	-	-	-	Ha	PB	—	—
<i>E. sp.</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	—	—	—	—
<i>Phacus sp.</i>	-	-	-	+	-	-	+	+	-	—	—	—	—
<i>Euglenaformis proxima</i> (P.A. Dangeard) M.S. Bennett & Triemer in Bennett et al. 2014	-	-	-	+	-	-	-	-	-	k	PB	mh	i
Cyanobacteria	3	-	-	13	3	-	6	3	1				
Bacillariophyta	32	11	7	28	15	8	23	12	12				
Chrysophyta	10	2	5	1	-	1	4	2	4				
Cryptophyta	1	-	-	4	1	-	-	-	-				
Dinophyta	3	1	2	3	1	1	2	1	1				
Charophyta	5	-	-	7	2	3	4	3	1				
Chlorophyta	34	4	10	48	11	9	12	17	6				
Euglenophyta	2	-	-	3	-	-	1	1	-				
ВСЕГО	90	18	24	107	33	22	52	39	25				

Примечание. “—” — данных нет, “+” — таксон присутствует, “-” — таксон отсутствует; k — космополит, Ha — голарктический вид, a-a — арктоальпийский вид, P — планктонный вид, PB — планктонно-бентосный вид, Ep — эпифит, i — индифферент, hl — галофил, hb — галобионт, oh — олигогалоф, mh — мезогалоф, alf — алкалофил, acf — ацидофил.

Note. “—” — no data, “+” — taxon is found, “-” — taxon not found; k — kosmopolitan, Ha — holarctic species, a-a — arctoalpine species, P — planktonic species, PB — plankton-benthic species, Ep — epiphyte, i — indifferent, hl — halophile, hb — halobiont, oh — oligogalob, mh — mesohalob, alf — alkaliphile, acf — acidophilus.

Таблица 4. Состав доминирующего комплекса фитопланктона водных объектов Харанорской ГРЭС в 2019 г.**Table 4.** Phytoplankton dominant composition in water bodies of the Kharanorskaya SDPP in 2019

Виды Species	Апрель April	Июль July	Октябрь October	D	pF	DF	Dt
<i>Aphanizomenon flosaquae</i>	—	+	—	17	32	26	81
<i>Chrysococcus rufescens</i>	+	—	+	19	35	32	91
<i>Dinobryon divergens</i>	+	—	+	21	40	11	28
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	+	+	—	45	85	43	51
<i>S. minutulus</i>	—	+	—	24	45	43	96
<i>Nitzschia graciliformis</i>	+	—	—	32	60	28	47
<i>Fragilaria radians</i>	—	+	—	37	70	42	60
<i>Asterionella formosa</i>	+	+	—	26	49	25	51
<i>Peridinium</i> sp.	—	+	+	8	15	13	87
<i>Gymnodinium paradoxum</i>	—	—	+	8	15	13	87
<i>Elakatothrix genevensis</i>	—	—	+	25	47	21	45
<i>Oocystis lacustris</i>	—	—	+	18	53	21	40
<i>O. borgei</i>	—	—	+	19	36	17	47
<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	—	—	+	19	36	9	25
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	—	+	+	38	72	15	21
<i>Tetrastrum komarekii</i>	—	—	+	22	42	13	21

Примечание. D – число проб, в которых данный вид занимал одно из трех первых мест по численности, pF – частота встречаемости, DF – частота доминирования, Dt – порядок доминирования.

Note. D is the number of samples in which species occupied one of the first three places in abundance; pF – occurrence frequency of; DF – dominance frequency; Dt – dominance order.

В сезонном цикле развития фитопланктона максимум обилия в водохранилище приходился на летний период, в водоподводящем и дренажном каналах – на осенний (рис. 7).

Весенний фитопланктон носил преимущественно диатомовый характер (25–80% от общей численности и 35–98% от общей биомассы) с незначительным участием хризифитовых водорослей. В толще воды преобладали *S. hantzschii* (30–68% от общей численности и 39–62% от общей биомассы), *N. graciliformis* (10–15% и 25–64%), *A. formosa* (11–28% и 15–18%). На долю золотистой водоросли *C. rufescens* приходилось 12–16% от общего количества фитопланктона.

В летнем фитопланктоне наибольшую роль в формировании общей численности и биомассы водорослей играли представители отделов Cyanobacteria (5–80% от общей численности и 5–50% от общей биомассы), Bacillariophyta (20–80% и 30–90%), Chlorophyta (20–40% и 2–45%). Доля Dinophyta в общей биомассе составляла 3–30%. У цианобактерий превалировал *A. flosaquae*, на долю которого приходилось 20–30% всей численности водорослей планктона. У диатомовых преобладали *A. formosa* (19–55% и 15–46%) и *F. radians* (19–64% и 35–72%), у зеленых – *S. ellipticus*, у динофитовых – *Peridinium* sp.

Осенью по численности преобладали зеленые (до 72%), золотистые (2–75%) и харовые водоросли (20–42%). Из хлорофитовых доми-

нировали *O. lacustris* (14–38%), *S. ellipticus* (19–37%), *T. komarekii* (15–16%), *C. microporum* (12–20%), из золотистых – *C. rufescens* (24–74%), *D. divergens* (12–26%), из харовых – *E. genevensis* (25–42%). В формировании общей биомассы ведущая роль принадлежала зеленым (до 80%), диатомовым (до 75%) и золотистым (до 60%) водорослям. На некоторых станциях существенный вклад в создание биомассы вносили динофитовые (до 50%) и харовые (до 20%) водоросли. Из диатомей преобладали *N. graciliformis* (55–60%), *S. hantzschii* (13–37%), из зеленых – *O. lacustris* (до 50%), *O. borgei* (18–30%), из золотистых – *D. divergens* (17–62%), из динофитовых – *G. paradoxum* (13–51%), из харовых – *E. genevensis* (до 25%).

Среднее значение индексов разнообразия в апреле составляли: Шеннона – 2.85 ± 0.45 , Пиелу – 0.58 ± 0.2 , Симпсона – 0.28 ± 0.13 , в июле – 2.91 ± 0.48 , 0.58 ± 0.06 и 0.28 ± 0.09 , в октябре – 2.83 ± 0.58 , 0.67 ± 0.19 , 0.27 ± 0.19 , соответственно. Полученные значения индексов указывают на высокое биоразнообразие фитопланктонного сообщества.

Межгодовые изменения фитопланктона водохранилища. Анализ межгодовых изменений таксономического состава и обилия фитопланктона основан на сравнении результатов 2019 г. и данных, полученных в июле и октябре 2000–2002 гг. [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)] и 2012–2013 г. [Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)] (табл. 5).

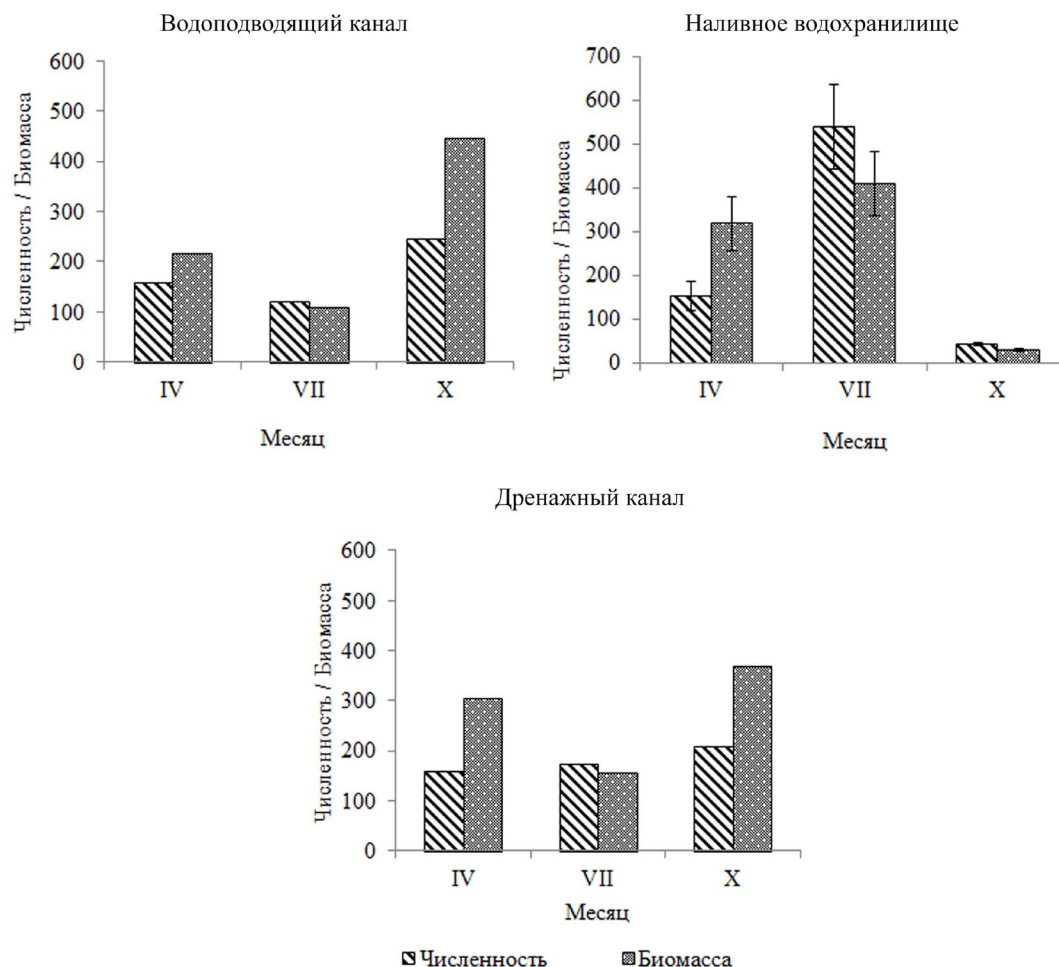


Рис. 7. Сезонная динамика общей численности и общей биомассы фитопланктона в водных объектах Харанорской ГРЭС в 2019 г.

Fig. 7. Seasonal dynamics of phytoplankton total abundance and total biomass in water bodies of the Kharanorskaya SDPP in 2019

Таблица 5. Изменение разнообразия и обилия фитопланктона Харанорского водохранилища в 2000–2019 гг.

Table 5. Changes in phytoplankton diversity and density of the Kharanor reservoir in 2000–2019

Характеристика Characteristics	2000–2002 гг.	2012–2013 гг.	2019 г.
Общее число таксонов	119	72	141
Число таксонов в отделе			
Cyanobacteria	22	6	15
Bacillariophyta	18	12	41
Chrysophyta	15	9	10
Cryptophyta	2	—	3
Dinophyta	3	4	4
Charophyta	—	—	8
Chlorophyta	59	39	56
Euglenophyta	—	2	4
Июль / July			
Численность, тыс. кл./л	761–2364	—	602–1126
Биомасса, мг/м ³	3200–10400	—	441–889
Доминирующий комплекс	цианобактериально-диатомовый	—	диатомово-цианобактериальный с участием хлорофит
Доминирующие виды	<i>A. granulata</i> ; <i>C. meneghiniana</i> ; <i>G. lacustris</i>	—	<i>A. flosaquae</i> ; <i>A. formosa</i> ; <i>F. radians</i> ; <i>S. ellipticus</i>

Характеристика Characteristics	2000–2002 гг.	2012–2013 гг.	2019 г.
Октябрь / October			
Численность, тыс. кл./л	700–1586	56–123	43–209
Биомасса, мг/м ³	2640.5–7838	99–236	16.5–368
Доминирующий комплекс	хризифитово-диатомовый	цианобактериально-хлорофитовый	хризифитово-хлорофитовый с участием харовых
Доминирующие виды	<i>A. granulata</i> ; <i>C. meneghiniana</i> ; <i>P. poculum</i> ; <i>K. ovum</i> ; <i>A. flosaquae</i>	<i>M. arcuatum</i> , <i>M. contortum</i> ; <i>A. flos-aqua</i> ; виды рода <i>Pedias-trum</i>	<i>O. lacustris</i> ; <i>S. ellipticus</i> ; <i>T. komarekii</i> ; <i>C. microporum</i> ; <i>C. rufescens</i> ; <i>D. divergens</i> ; <i>E. genevensis</i>

Выявлено увеличение видового богатства фитопланктона со 119 таксонов, рангом ниже рода до 141, что, возможно, обусловлено расширением сети станций в 2019 г. Увеличилось видовое богатство диатомовых водорослей, в основном за счет факультативно-планктонных видов родов *Fragilaria*, *Iconella*, *Diatoma*, *Meridion*, *Tabellaria*. Из фитопланктона исчезли некоторые виды, преимущественно зеленых (*Micractinium appendikulatum*, *M. quadrisetum*, *Coenocystis reniformis*, *C. obtusa*, *Coenochloris fotti* и др.) и золотистых (*Chromulina pirenigera*, *Chrysococcus cystophorus*, *Pseudokephyrion pilidum*, *P. schilleri*, *P. elipsoideum* и др.) водорослей.

Заметно изменилось соотношение ведущих отделов водорослей фитопланктона. В июле 2001 г. в фитопланктоне наблюдалось господство диатомей, бедность зеленых водорослей и незначительное количество цианобактерий [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)]. В настоящее время летом намного возросла роль цианобактерий, а осенью – зеленых водорослей (в основном хлорококковых).

В 2000–2002 гг. в развитии фитопланктона Харанорского водохранилища отмечали три хорошо выраженных пика: в июне (диатомовые водоросли), в августе (цианобактерии) и в сентябре-октябре (диатомовые) [Водоем-охладитель..., 2005 (Vodoyem-okhladitel'..., 2005)]. В 2019 г. был наиболее выражен летний пик развития водорослей, вызванный цианобактериями и диатомеями. Отмечена тенденция снижения на один-два порядка обилия планктонных альгоценозов.

Уменьшение видового богатства и количества диатомовых водорослей, увеличение вклада синезеленых и зеленых водорослей при повышении тепловой нагрузки регистрируют и в других водоемах-охладителях [Девяткин, 1975 (Devyatkin, 1975); Лунева, 2014 (Luneva, 2014); Самойленко, Свирид, 2014 (Samoylenko, Svirid, 2014)]

Современное состояние зоопланктона.

Видовой состав планктонной фауны водных объектов Харанорской ГРЭС слагался из 52 таксонов рангом ниже рода (табл. 6). Среди Rotifera зарегистрировано 24 вида и 4 подвида (54% общего количества таксонов). Во всех обследованных водных объектах встречались 6 видов: *Conochilus unicornis*, *Filinia longiseta*, *Brachionus angularis*, *Synchaeta pectinata*, *S. kitina*, *Asplanchna priodonta*. Впервые отмечены 9 видов (*Conochiloides coenobasis*, *Epiphanes brachionus*, *E. macroura*, *Keratella cochlearis hispida*, *Brachionus variabilis*, *Anuraeopsis fissa*, *Trichocerca stylata*, *Notommata aurita*, *Polyarthra remata*).

Среди Cladocera зарегистрировано 15 видов (29% списка). Общими видами для водохранилища и каналов являлись три вида: *Daphnia galeata*, *Coronatella rectangula*, *Bosmina longirostris*. Впервые в водохранилище обнаружен *Pseudochydorus globosus*.

Среди Copepoda выявлено 9 видов (17% общего числа видов). Общими для всех водных объектов видами являлись *Cyclops vicinus* и *Thermocyclops crassus*.

В зоогеографическом отношении большинство отмеченных видов коловраток и ракообразных являются космополитами (50%), по биотопической приуроченности преобладают эврибионтные виды (39%), по способу питания – фильтраторы (68%), по способу локомоции – планктеры (42%) и виды, сочетающие ползание и плавание (37%) (рис. 8).

В зоопланктоне водохранилища отмечен 41 таксон рангом ниже рода, в подводящем канале – 27, в дренажном – 26. К часто встречающимся видам отнесены: *D. galeata*, *B. longirostris*, *C. vicinus*, *T. crassus* в водохранилище; *S. pectinata* в подводящем канале, *A. priodonta* и *B. longirostris* в дренажном канале.

Таблица 6. Таксономический состав, распределение и встречаемость видов зоопланктона водных объектов Харанорской ГРЭС в 2019 г.

Table 6. Taxonomic composition, occurrence and ecological and geographical characteristics of zooplankton in water bodies of the Kharanorskaya SDPP in 2019

Таксон Taxon	Эколого-географическая характеристика Ecological and geographical characteristics			Водоем-охладитель Cooling reservoir			Подводящий канал Water supply channel			Дренажный канал Drenage channel		
	Распростра- нение Distribution	Местообитание Habitat	Экогруппа Ecogroup	Встречаемость ¹			IV	VII	X	IV	VII	X
				IV	VII	X						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rotifera												
<i>Bdelloidea</i> gen. sp.	–	–	5a	-	++	-	-	-	+	-	+	-
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	Г	Eut	10	-	+++	-	-	+	-	-	+	-
<i>Conochiloides coenobasis</i> Skorikov, 1914	Г	Eut	10	-	+++	-	-	-	-	-	-	-
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	К	Eut	1a	+++	+++	-	+	+	-	-	+	-
<i>Proales</i> sp.	–	–	4a	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epiphanes brachionus</i> (Ehrenberg, 1837)	К	L	4a	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>E. macroura</i> (Barrios et Dalay, 1894)	К	Pl	4a	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	К	Eut	4a	-	-	-	-	+	+	-	+	-
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	К	Eut	4a	+++	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>B. quadridentatus quadridentatus</i> Hermann, 1783	К	L	4a	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. q. cluniorbicularis</i> Skorikov, 1894	К	L	4a	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>B. variabilis</i> (Hempel, 1896)	Г	Pl	4a	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	К	Eut	1a	+++	-	+++	-	-	-	+	-	-
<i>K. c. tecta</i> (Gosse, 1851)	К	Eut	1a	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>K. c. hispida</i> (Lauterborn, 1898)	Г	L, Ph	1a	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>K. quadrata</i> (Müller, 1786)	К	Eut	1a	+++	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)	К	Pl	1a	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>N. squamula</i> (Müller, 1786)	К	Pl	1a	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	К	L	1a	-	+++	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notommata aurita</i> Müller, 1786	К	Ph	5a	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca stylata</i> (Gosse, 1851)	К	pL	5a	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>T. (Diurella)</i> sp.	–	–	5a	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)	Г	Pl	3a	+++	-	+++	-	-	-	-	-	-
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	К	Eut	2a	+	-	+++	+	+	+	+	-	+
<i>S. kitina</i> Rousselet, 1902	Г	Pl	2a	++	+	+	-	-	+	+	-	+
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896	Г	Pl	36	+++	++	-	+	-	-	-	-	-
<i>P. vulgaris</i> Carlin, 1943	П	Eut	36	-	-	+++	-	-	-	+	-	-
<i>P. dolychoptera</i> Idelson, 1925	П	Eut	36	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	К	Eut	2a	++	+	+++	-	+	+	+	+	+
Crustacea												
<i>Diaphanosoma dubium</i> Manuilova, 1964	Г	Pl	16	+	+++	-	-	+	-	-	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Simocephalus vetulus</i> (Müller, 1776)	К	L, Ph	9	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Daphnia galeata</i> G.O. Sars, 1864	Г	Pl	16	+++	+++	+++	-	+	+	-	-	+
<i>Ilyocryptus sordidus</i> (Lievin, 1848)	П	Bt	56	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	К	Eut	16	+++	+++	+++	-	+	+	+	+	+
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1897	К	Eut	16	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Eurycercus lamellatus</i> (Müller, 1785)	Г, Э, Н	Bt, Ph	56	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	К	Eut	56	-	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>Ch. ovalis</i> Kurz, 1875	Г	L	56	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	Г	Ph	56	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Coronatella rectangula</i> Sars, 1862	К	Eut	56	-	+	+	-	+	-	-	+	-
<i>Alona costata</i> Sars, 1862	К	L, Ph	56	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. guttata</i> Sars, 1862	Г	Bt	56	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862	Г	Bt	56	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heterocope appendiculata</i> Sars, 1863	Г	Pl	2b	+	-	+++	-	-	-	-	-	+
<i>Neutrodiaptomus incongruens</i> (Poppe, 1888)	П	L	1b	-	++	+	-	-	-	-	-	+
<i>Sinodiaptomus sarsi</i> (Rylov, 1923)	Г	L	1b	-	+++	+++	-	-	-	-	-	-
Nauplii Diaptomidae	-	-	-	+++	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	Г	Bt, L	8	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	К	Eut	66	+	++	+	-	-	-	-	-	+
<i>E. macruioides</i> (Lilljeborg, 1901)	П	L	66	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	П	Eut	8	+++	++	+++	-	-	+	-	-	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	П	Eut	8	++	++	+	-	+	-	-	-	-
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	К	Eut	8	+++	+++	+++	-	+	-	-	+	-
Nauplii et copepoditi Cyclopoida	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
Harpacticoida	-	-	66	-	++	-	-	+	-	-	+	-
Всего таксонов				22	28	20	11	13	13	10	11	14

Примечание. ¹ – встречаемость видов: +++ – вид встречается часто (>50% проб), ++ – вид обычный (21–49% проб), + – вид редкий (<20% проб); “-” – вид не обнаружен, “-” – данных нет, “*” – вид зарегистрирован впервые; К – космополиты, Г – Голарктическая область, П – Палеарктическая область, Э – Эфиопская область, Н – Неотропическая область; Pl – планктонный, Bt – бентический, L – литоральный, Ph – фитофильный, Eut – эвритопный; 1/а,б,в – плавание/первичная фильтрация, вертикация, 2/а – плавание/захват и всасывание, 3/б – плавание/активный захват, 4/а – плавание и ползание/вертикация, 5/а,б – ползание и плавание/всасывание, вторичная фильтрация, 6б – ползание и плавание/собираение, 8 – ползание и плавание/активный захват, 9 – плавание и прикрепление к субстрату/первичная фильтрация, 10 – прикрепление к субстрату/вертикация.

Note. 1 – occurrence of species: +++ – species occurs frequently (> 50% of samples), ++ – common species (21–49% of samples), + – rare species (<20% of samples); “-” – species not found, “-” – no data, “*” – species is registered for the first time; K – cosmopolitans, G – Holarctic region, P – Palearctic region, E – Ethiopian region, N – Neotropical region; Pl – planktonic, Bt – benthic, L – littoral, Ph – phytophilic, Eut – eurytopic; 1/a,b,c – floating/primary filtration, 2/a – floating/gripping and suction, 3/b – floating/active gripping, 4/a – floating and crawling/filtration, 5/a,b – crawling and floating/suction, secondary filtration, 6b – crawling and floating/gathering, 8 – crawling and floating/active gripping, 9 – floating and attachment to the substrate/primary filtration, 10 – attachment to the substrate/filtration.

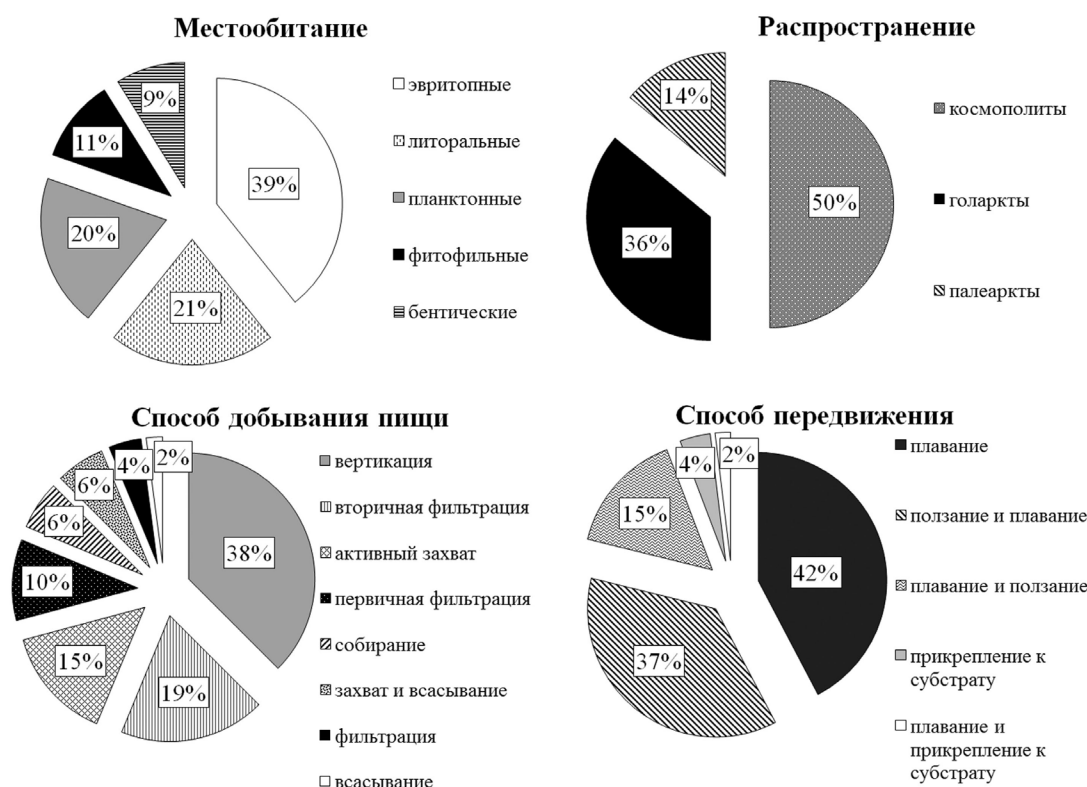


Рис. 8. Эколого-географическая характеристика зоопланктона гидросооружений Харанорской ГРЭС в 2019 г.

Fig. 8. Ecological and geographical characteristics of zooplankton in water bodies of the Kharanorskaya SDPP in 2019.

Весенний зоопланктон характеризовался интенсивным развитием ротаторного комплекса (до 97% численности зоопланктона) (рис. 9). Наиболее массовыми были *Keratella cochlearis* (35–93% общей численности) и *K. quadrata* (5–16%), ювенильные стадии ракообразных *B. longirostris* (9–18%) и *C. vicinus* (5–17%). На отдельных станциях в состав доминирующего комплекса входили *B. angularis* (5–8%), *P. remata* (5–11%), *T. crassus* (5–7%) и *Sinodiaptomus sarsi* (6%). Основу биомассы формировали *C. vicinus* (15–74% биомассы сообщества), *B. longirostris* (8–56%), *T. crassus* (6–21%). Развитие коловраток определялось обилием мелких, хорошо потребляемых форм водорослей (в частности, хлорококковых).

Летом ядро сообщества состояло из мелких ракообразных *B. longirostris* и *T. crassus*, вместе образующих 70–97% численности и 78–97% биомассы зоопланктона. Коловратка *F. longiseta* формировала 5–7% численности зоопланктона. Установлено, что массовое развитие ветвистоусых рачков совпадало с подъемом численности цианобактерий, диатомовых и зеленых водорослей. В 2019 г. не зарегистрирована летняя “депрессия” зоопланктона, которую отмечали в водохранилище в 2000-х гг., она была вызвана вы-

сокой температурой воды и низким содержанием растворенного кислорода [Афони́на, 2012 (Afonina, 2012)].

В октябре основным структурообразующим видом зоопланктона была *D. galeata*, на долю которой приходилось 51–81% общей численности и 30–90% биомассы. Содоминантами были *C. vicinus* (5–10% численности) и *S. sarsi* (6–33% биомассы).

Средние значения индексов видового разнообразия Шеннона с апреля по октябрь варьировали от 1.69 ± 0.8 до 1.94 ± 0.16 , выравнивания – от 0.45 ± 0.05 до 0.53 ± 0.04 и доминирования – от 0.43 ± 0.05 до 0.58 ± 0.04 . Это указывает на эвтрофный статус водоема-охладителя и доминирование одного-двух видов [Андроникова, 1996 (Andronikova, 1996)].

Экосистемы обследованных каналов можно характеризовать как лотические, в них во все биологические сезоны доминировали коловратки. В подводящем канале весной преобладали виды рода *Synchaeta*, формирующие суммарно 69% всей численности, летом – *F. longiseta*, *C. unicornis* и *P. vulgaris* (58%), осенью – *S. pectinata*, *A. priodonta* и *S. kitina* (62%). Основу биомассы создавали коловратки (*S. pectinata*, *A. priodonta*) и ракообразные (*B. longirostris*, *C. vicinus*, *T. crassus*) (рис. 9).

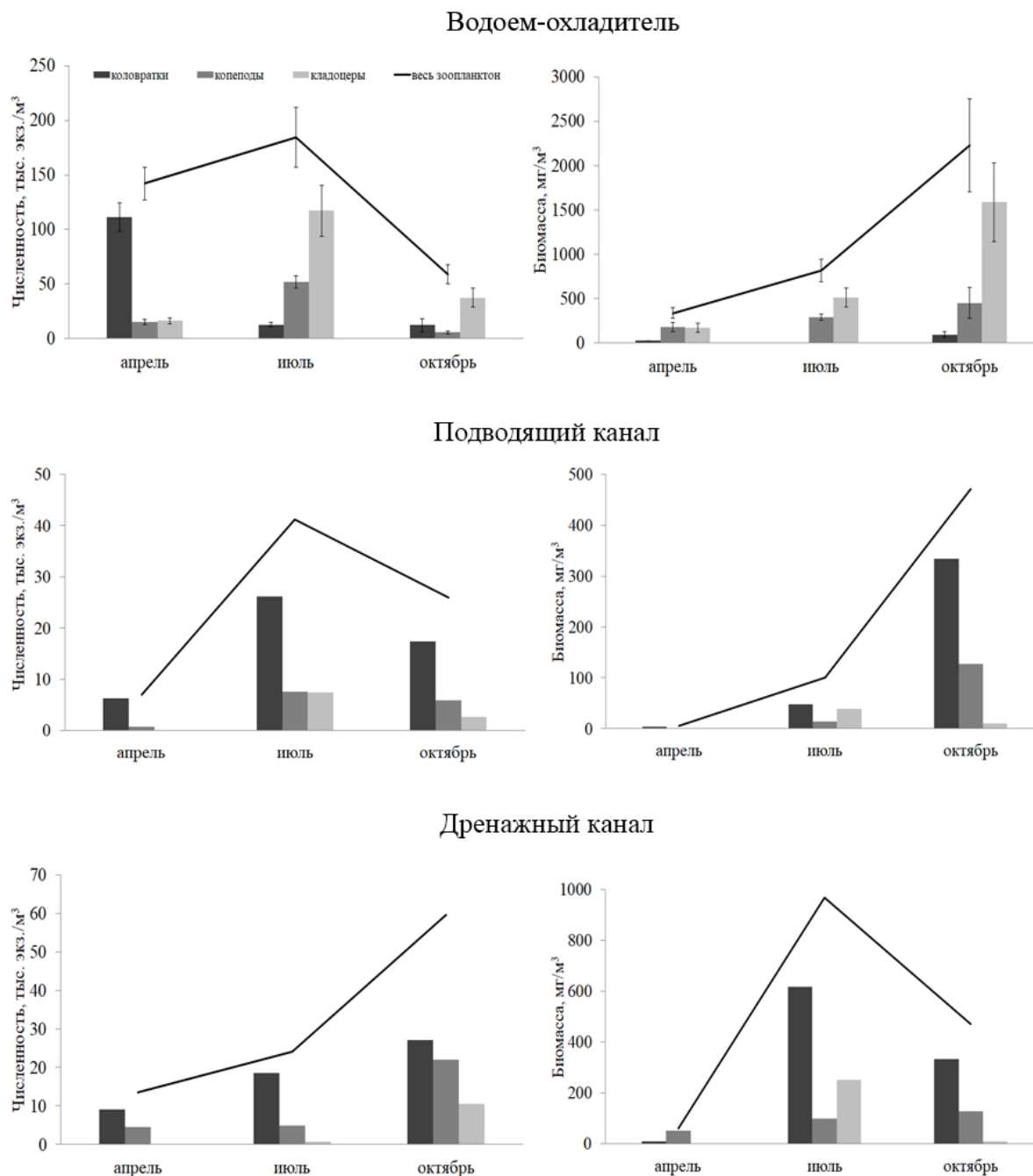


Рис. 9. Сезонные изменения численности и биомассы зоопланктона водных объектов Харанорской ГРЭС в 2019 г.

Fig. 9. Seasonal changes in the zooplankton abundance and biomass in water bodies of the Kharanorskaya SDPP in 2019.

В зоопланктоне дренажного канала в весенний и летний месяцы преобладали коловратки (66–77% от общей численности): *S. oblonga*, *B. angularis*, *K. cochlearis*, *F. longiseta*, *C. unicornis*, *A. priodonta*, осенью – преимущественно ракообразные *C. vicinus*, *D. galeata*, *B. longirostris*, образующие суммарно 53% численности зоопланктона (рис. 9).

Межгодовая изменчивость зоопланктона водохранилища проанализирована по материалам, полученным в июле 2001, 2007 и

2019 гг. и октябре 1995, 2000–2002, 2012–2013 и 2019 гг. (табл. 7).

Значительное варьирование общей численности и биомассы зоопланктона характерно для водоемов с высокой антропогенной нагрузкой [Rickett, Watson, 1983; Столбунова, 1985 (Stolbunova, 1985); Протасов и др., 2011 (Protasov et al., 2011); Афолина, 2012 (Afonina, 2012)]. Процентное соотношение общей численности таксономических групп Rotifera/Copepoda/Cladocera изменился в пользу

Cladocera (коэффициент детерминации (R^2) 0.55–0.88). Повышение индекса $N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cоп}}$ ($R^2 = 0.71$) также отражает преобладание кладоцер,

характеризующихся широкой толерантностью к факторам среды [Полунина, 2006 (Polunina, 2006); Вербицкий, 2012 (Verbitskiy, 2012)].

Таблица 7. Межгодовая динамика структуры и разнообразия зоопланктона водоема-охладителя Харанорской ГРЭС (среднее по водоему)

Table 7. Interannual dynamics of the zooplankton structure and diversity in cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP (average for the reservoir)

Параметры Parameters	Месяц/Год, Month/Year						
	VII/2001		VII/2007			VII/2019	
Число видов	21		14			28	
N, тыс. экз./м ³	70±12		56±7			184±28	
N%	rot cop clad	3	59			11	
		25	30			33	
		72	11			56	
B, г/м ³	0.7±0.1		0.6±0.1			0.8±0.1	
B%	rot cop clad	0	1			3	
		53	74			40	
		47	25			57	
w _{ср} , мг	0.0094		0.0099			0.0043	
Виды доминанты	<i>B. longirostris</i>		<i>K. longispina</i>			<i>B. longirostris</i>	
$N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cоп}}$	2.85		1.57			2.11	
$B_{\text{Cycl}}/B_{\text{Cal}}$	0.36		0.23			20.59	
$B_{\text{Crust}}/B_{\text{Rot}}$	306.87		136.11			207.93	
H_n	1.66		1.92			1.78	
I_d	0.40		0.41			0.46	
	X/1995	X/2000	X/2001	X/2002	X/2012	X/2013	X/2019
Число видов	25	14	15	14	9	8	12
N	17±4	52±7	38±11	88±10	65±16	66±16	59±9
N%	rot cop clad	12	17	37	35	1	20
		48	37	10	7	54	11
		40	46	53	58	45	69
B	1.1±0.2	0.6±0.0	0.4±0.1	3.0±0.7	1.4±0.3	1.1±0.3	2.2±0.5
B%	rot cop clad	1	18	13	1	0	9
		38	44	43	6	51	20
		61	38	44	93	49	74
w, мг	0.064	0.011	0.013	0.034	0.020	0.018	0.036
Виды доминанты	<i>T. crassus</i> , <i>D. galeata</i>	<i>B. longirostris</i> , <i>C. vicinus</i>	<i>B. longirostris</i> , <i>K. longispina</i>	<i>D. galeata</i> , <i>K. longispina</i>	<i>C. vicinus</i> , <i>B. longirostris</i>	<i>B. longirostris</i>	<i>D. galeata</i>
$N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cоп}}$	0.71	1.25	7.37	5.46	0.91	5.05	7.59
$B_{\text{Cycl}}/B_{\text{Cal}}$	0.27	3.52	7.34	10.94	39.13	52.51	0.79
$B_{\text{Crust}}/B_{\text{Rot}}$	96.35	4.56	7.17	603.20	232.60	582.5	46.39
H_n	3.04	2.53	1.97	2.24	1.93	1.46	1.69
I_d	0.24	0.22	0.48	0.65	0.42	0.58	0.58

Примечание. N – численность, B – биомасса, N% – доля таксономических групп по численности, B% – то же по биомассе, w – средняя индивидуальная масса зоопланктона; rot – Rotifera, cop – Copepod, clad – Cladocera; $N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cоп}}$ – соотношение численности Cladocera и Copepoda, $B_{\text{Cycl}}/B_{\text{Cal}}$ – отношение биомасс Cyclopoida и Calanoida, $B_{\text{Crust}}/B_{\text{Rot}}$ – соотношение биомасс Crustacea и Rotifera; H_n – индекс Шеннона по численности. I_d – индекс доминирования.

Note. N – abundance, B – biomass, N% – share of taxonomic groups by abundance, B% – the same by biomass, w – average individual mass of a zooplankton; rot – Rotifera, cop – Copepoda, clad – Cladocera; $N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cоп}}$ – ratio of Cladocera and Copepoda abundances; $B_{\text{Cycl}}/B_{\text{Cal}}$ – the ratio of Cyclopoida and Calanoida biomasses, $B_{\text{Crust}}/B_{\text{Rot}}$ – ratio of Crustacea and Rotifera biomasses; H_n – Shannon's index by abundance, I_d – dominance index.

В многолетнем аспекте, в ротаторном сообществе прослеживается тенденция увеличению их разнообразия ($R^2 = 0.62$) и доли в общей численности ($R^2 = 0.61$). Отмечено сокращение количества видов ракообразных ($R^2 = 0.72$) при увеличении их представленности в планктоне ($R^2 = 0.42$). Увеличение индекса доминирования ($R^2 = 0.42$) указывает на усиление доминирования одного-двух видов, что характерно для эвтрофных водоемов [Андроникова, 1996 (Andronikova, 1996)]. Также отмечено снижение общей биомассы зоопланктона ($R^2 = 0.73$), вследствие преобладания в планктоне мелкоразмерных групп животных. Средневзвешенная биомасса зоопланктона в 2019 г. составила 1.03 г/м^3 , 2012–2013 гг. – 0.87 г/м^3 , в 2002 – 1.24 г/м^3 , в 2001 – 1.65 г/м^3 .

Доминирующий комплекс зоопланктона в формирующихся водных экосистемах претерпевает значительные изменения в межгодовых и внутригодовых аспектах [Россолимо, 1977 (Rossolimo, 1977)]. Основу летнего и осеннего зоопланктоценоза во все

годы исследований чаще всего формировала кладоцера *B. longirostris*. В 2019 г. отмечено увеличение количества каланоидных копепод, которые отсутствовали в 2007 г. [Афони́на, 2012 (Afonina, 2012)], но единично встречались в 2012–2013 гг. [Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)]. Установлено (Zheng et al., 2014; Афони́на, 2018 (Afonina, 2018)), что наибольшее обилие *S. sarsi* наблюдается в период максимального развития цианобактерий.

Зарегистрировано увеличение обилия коловраток. Эта группа беспозвоночных практически полностью отсутствовала в зоопланктоне в 2012–2013 гг. [Афонин и др., 2014 (Afonin et al., 2014)]. Но в 2019 г. не обнаружена *Kellicottia longispina*, вид был многочисленным ($4000 \text{ тыс. экз./м}^3$) в 2000-х гг. [Афони́на, 2012 (Afonina, 2012)]. Многолетние флуктуации состава доминантов, общей численности и биомассы зоопланктона подводящего и дренажного каналов находятся в пределах вариаций предыдущих лет исследований [Афони́на, 2012 (Afonina, 2012)].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный планктон водных объектов системы охлаждения Харанорской ГРЭС (водохранилище-охладитель, подводящий и дренажный каналы) содержит 141 вид, формы и разновидности водорослей и 52 вида с подвидами беспозвоночных. В составе альгофлоры Харанорского водохранилища идентифицировано 138 таксонов рангом ниже рода водорослей, подводящего канала – 58 таксонов, дренажного – 50. Планктонная фауна водоема-охладителя состоит из 41 таксона, подводящего канала – из 27 видов и дренажного – из 26. Наибольшее видовое богатство альгофлоры составляют представители, характеризующиеся как планктонные и факультативно-планктонные, широко распространенные, пресноводные, алкалофилы и индифференты. В видовом составе планктонной фауны преобладают космополиты, эврибионты, фильтраторы и свободно парящие.

Максимум развития фитопланктона в водохранилище приходится на лето, в водоподводящем и дренажном каналах – на осень. Для зоопланктона водоема-охладителя и подводящего канала характерен летний подъем численности и нарастание биомассы к осени. В дренажном канале наибольшая плотность зоопланктонов отмечена весной.

Анализ многолетних наблюдений планктонных биоценозов Харанорского водохранилища показал увеличение видового богатства диатомовых водорослей и коловраток, сокращение зеленых и золотистых водорослей. Выявлена тенденция к снижению общего количества планктона при увеличении обилия отдельных групп (цианобактерии, зеленые водоросли, коловратки и кладоцеры).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне благодарят сотрудников лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН в помощи отбора планктонных проб.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований СО РАН (проект № IX.137.1.1.) при финансовой поддержке “Харанорская ГРЭС” АО “Интер РАО – Электрогенерация”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 190 с.
Афонин А.В., Афони́на Е.Ю., Ташлыкова Н.А., Горлачева Е.П., Цыбекмитова Г.Ц., Куклин А.П., Базарова Б.Б., Салтанова Н.В. Современное состояние экосистемы водоема-охладителя Харанорской ГРЭС и оценка эф-

- фективности вселения растительноядных рыб // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: сб. матер. Ярославль: Филигрань, 2014. Т. 1. С. 115–118.
- Афони́на Е.Ю. Зоопланктон наливного водохранилища-охладителя Харанорской ГРЭС (Забайкалье): динамика формирования разнообразия и экология. Дисс. канд. биол. наук. Иркутск, 2012. 186 с.
- Афони́на Е.Ю. Некоторые черты морфологии *Sinodiaptomus sarsi* (Rylov 1923) (Copepoda, Calanoida) (Забайкальский край) // Зоол. журн. 2018. Т. 97. № 10. С. 1255–1263. DOI: 10.1134/S0044513418100033.
- Афони́на Е.Ю., Куклин А.П., Ташлыкова Н.А., Цыбекмитова Г.Ц., Афонин А.В., Базарова Б.Б., Матафонов П.В., Матвеева М.О. Гидрохимическая и гидробиологическая характеристика водных объектов в районе Харанорской ГРЭС (по данным 2019 г.) // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: сб. матер. Ярославль: Филигрань, 2020. С. 8–11.
- Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Количественные методы экологии и гидробиологии / Отв. ред. Розенберг Г.С. Тольятти: СамНИЦ РАН, 2005. С. 37–67.
- Балушкина Е.Б., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем / Отв. ред. Винберг Г.Г. Л.: Наука, 1979. С. 16–172.
- Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. СПб.: Наука, 1991. 504 с.
- Вербицкий В.Б. Температурный оптимум, преферендум и термотолерантность пресноводных ракообразных (Cladocera, Isopoda, Amphipoda). Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Борок: ИБВВ РАН, 2012. 49 с.
- Водоем-охладитель и его жизнь / М.Ц. Итигилова [и др.] / Отв. ред. Кириллов В.В. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 192 с.
- Девяткин В.Г. Влияние подогретых вод на фитопланктон Иваньковского водохранилища // Экология организмов водохранилищ-охладителей. М.: Наука, 1975. С. 292.
- Каратаев А.Ю. Влияние подогрева на комплекс беспозвоночных литорали водоема-охладителя ТЭС оз. Лукомского // Биология внутр. вод. 1988. № 80. С. 32–35.
- Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.
- Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука, 1970. 744 с.
- Кожова О.М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища / Отв. ред. Галазий Г.И. М.: Наука, 1970. С. 7–26.
- Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с.
- Лунева Е.В. Оценка влияния атомных электростанций России на экосистемы водоемов-охладителей // Известия КГТУ. 2014. № 34. С. 20–33.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 198 с.
- Новоселова Т.Н., Протасов А.А. Фитопланктон водоемов-охладителей техно-экосистем атомных и тепловых электростанций (обзор) // Гидробиол. журн. 2014. Т. 50, № 6. С. 58–69.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2: Ракообразные. СПб.: Наука, 1995. С. 34–128.
- Погребов В.Б., Рябова В.Н. Индикация экосистемных нарушений в условиях антропогенного термального градиента в Финском заливе по планктону // Экология. 1988. № 4. С. 39–45.
- Полунина Ю.Ю. Сообщество ветвистоусых ракообразных (Crustacea, Cladocera) в специфических условиях эстуария (на примере системы р. Преголя – Вислинский залив). Дисс. ... канд. биол. наук. Калининград, 2006. 141 с.
- Попова Т.Г. Эвгленовые водоросли. М.: Сов. наука, 1955. 282 с.
- Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 144 с.
- Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Университет и школа, 2003. 157 с.
- Салазкин А.А., Лаврентьева Г.М. Оценка степени использования фитопланктона зоопланктоном в условиях опытных озер // Гидробиологическая характеристика различных рыбохозяйственных водоемов европейской части РСФСР. / Отв. ред. Салазкин А.А. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1981. С. 31–46.
- Самойленко В.М., Свирид А.А. Многолетние изменения фитопланктона водоема-охладителя // Альгология. 2014. № 24 (3). С. 371–375.
- Смирнов Н.Н. Chydoridae фауны мира // Фауна СССР. Ракообразные. Л.: Наука, 1971. Т. 1. Вып. 2. 531 с.
- Столбунова В. Н. Многолетняя динамика зоопланктона Иваньковского водохранилища // Водные сообщества и биология гидробионтов / Отв. ред. Яковлев В.Н. Л.: Наука, 1985. С. 50–59.
- Протасов А.А., Семенченко В.П., Силаева А.А., Тимченко В.М., Бузевич И.Ю., Гулейкова Л.В., Дьяченко Т.Н., Морозова А.А., Юришинец В.И., Ярмошенко Л.П., Примаков А.Б., Морозовская И.А., Масько А.Н., Голод А.В. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки. Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2011. 234 с.
- Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: МГУ, 1980. 464 с.
- Чуйков Ю.С. Материалы к кадастру планктонных беспозвоночных бассейна Волги и северного Каспия. Коловратки (Rotatoria). Тольятти: ИЭВБ РАН, 2000. 196 с.
- Шуйский В.Ф., Евдокимов И.И., Домпальм Е.И. Оценка уровня локального “теплового загрязнения” в водоемах-охладителях // Влияние теплового и органического загрязнения на биоту водоемов-охладителей. СПб.: ГосНИОРХ, 1995. С. 82–86.

- Afonina E.Yu., Tashlykova N.A. The plankton community structure in the zones with different thermal condition (Kharanorskaya TPP cooling pond, Transbaikalia) // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. 321. 012055.
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase [Электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: <http://www.algaebase.org>.
- Hartley B. Atlas of British Diatoms. Bristol. Biopress. Ltd, 1996. 601 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). I. Biol. Prace. Bratislava, 1977. Vol. 23. № 4. 192 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). II. Biol. Prace. Bratislava, 1980. Vol. 26. № 6. 196 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). III. Biol. Prace. Bratislava, 1984. Vol. 30. № 1. 310 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorococcaceae). IV. Biol. Prace. Bratislava, 1988. Vol. 34. № 1–2. 263 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). V. Biol. Prace. Bratislava, 1990. Vol. 36. 225 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1986. 876 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/1).
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epitemiaceae, Surirellaceae. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1988. 596 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/2).
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991a. 576 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/3).
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Geamtliteraturverzeichnis. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991b. 437 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/4).
- Popovský J., Pfister L.A. Dinophyceae (Dinoflagellida). Jena; Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1990. 272 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd. 6).
- Rickett J.D., Watson R.L. Zooplankton community structure in Dardanelle reservoir, Arkansas, 1975–1982 // Arkansas Academy of Science Proceedings. 1983. Vol. XXXVII. P. 65–69.
- Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. Stuttgart, 1977. Bd. 8. P. 71–76.
- Starmach K. Canophyta – sinice. Glaucophyta – glaucophity. Warszawa: PWN, 1966. 808 p. (Flora slodkovodna Polski; T.2).
- Starmach K. Chrysophyta I. Chrysophyceae – zlotowiciowce oraz wiclowce bezbarwne – zooflagellata wolnozyjące. Warszawa: PWN, 1968a. 598 p. (Flora slodkovodna Polski; T. 5).
- Starmach K. Chrysophyta III. Xanthophyceae – roznowiciowe. Warszawa; Krakow: PWN, 1968b. 394 p. (Flora slodkovodna Polski; T. 7).
- Starmach K. Cryptophyceae – kryptofity, Dinophyceae – dinofity, Raphidophyceae – Raphidofity. Warszawa; Krakow: PWN, 1974. 520 p. (Flora slodkovodna Polski; T. 4).
- Zheng Y., Jun Y., Jing Z., Xiaoqing Y., Lemian L., Hong L. Water stratification affects the microeukaryotic community in a subtropical deep reservoir // J. Eukaryot. Microbiol. 2014. Vol. 61. P. 126–133. DOI: 10.1111/jeu.12090

REFERENCES

- Afonin A.V., Afonina E.Yu., Tashlykova N.A., Gorlacheva E.P., Tsybekmitova G.Ts., Kuklin A.P., Bazarova B.B., Saltanova N.V. Current state of ecosystem in the cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP and assessment of the herbivorous fish introduction. *Antropogennoe vliyanie na vodnye organizmy i ekosistemy. Materialy Konf.* [Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems. Mat. All-Russ. Conf.]. Yaroslavl', Filigran', 2014, vol. 1, pp. 115–118. (In Russian)
- Afonina E.Yu. Zooplankton in the filling cooling pond of Kharanorskaya TPP (Transbaikalia): the diversity formation dynamics and ecology. *Cand. Biol. Sci. Diss.* Irkutsk, 2012. 186 p. (In Russian)
- Afonina E.Yu. Some morphological features of *Sinodiaptomus sarsi* (Rylov 1923) (Copepoda, Calanoida) from the Zabaikalsky krai. *Zool. zhurn.*, 2018, vol. 97, no 10, pp. 1255–1263. doi: 10.1134/S0044513418100033 (In Russian)
- Afonina E.Yu., Kuklin A.P., Tashlykova N.A., Tsybekmitova G.Ts., Afonin A.V., Bazarova B.B., Matafonov P.V., Matveyeva M.O. Hydrochemical and hydrobiological characteristics of water bodies in the Kharanorskaya SDPP area (according to 2019). *Antropogennoe vliyanie na vodnye organizmy i ekosistemy. Materialy Konf.* [Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems. Mat. All-Russ. Conf.]. Yaroslavl', Filigran', 2014, vol. 1, pp. 8–11. (In Russian)
- Afonina E.Yu., Tashlykova N.A. The plankton community structure in the zones with different thermal condition (Kharanorskaya TPP cooling pond, Transbaikalia) // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2019, 321, 012055.
- Andronikova I.N. Structural and functional organization of zooplankton lake ecosystems of different trophic types. St.-Petersburg, Nauka, 1996. 189 p. (In Russian)
- Bakanov A.I. Quantitative methods of ecology and hydrobiology. *Kolichestvennyye metody ekologii i gidrobiologii* [Quantitative assessment of dominance in ecological communities], Tol'yatti, SamNTs RAN, 2005. pp. 37–67. (In Russian)
- Balushkina E.B., Vinberg G.G. General principles of the study of aquatic ecosystems. *Zavisimost' mezhdu massoj i dlinoj tela u planktonnykh zhivotnykh* [The relationship between body weight and length in planktonic animals], Leningrad, Nauka, 1979, pp. 169–172. (In Russian)
- Borutskii E. V., Stepanova L. A., Kos M. S. Guide to the Calanoida of the USSR fresh waters. St.-Petersburg, Nauka, 1991. 504 p. (In Russian)

- Chujkov Yu.S. Materials for the inventory of planktonic invertebrates in the Volga basin and the northern Caspian. Rotifers (Rotatoria). Tolyatti, IEVB RAN, 2000. 196 p. (In Russian)
- Devyatkin V.G. Ecology of organisms in cooling reservoirs. *Vliyaniye podogretykh vod na fitoplankton Ivan'kovskogo vodokhranilishcha* [Influence of heated waters on the Ivankovskoe reservoir phytoplankton], Moscow, Nauka, 1975, pp. 292. (In Russian)
- Fedorov V.D., Gil'manov T.G. Ecology. Moscow, MGU, 1980. 464 p. (In Russian)
- Hartley B. Atlas of British Diatoms. Bristol. Biopress. Ltd, 1996. 601 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). I. Biol. Prace. Bratislava, 1977, vol. 23, no 4. 192 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). II. Biol. Prace. Bratislava, 1980, vol. 26, no 6. 196 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). III. Biol. Prace. Bratislava, 1984, vol. 30, no 1. 310 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). IV. Biol. Prace. Bratislava, 1988, vol. 34, no 1–2. 263 p.
- Hindak F. Studies on Chlorococcal algae (Chlorophyceae). V. Biol. Prace. Bratislava, 1990, vol. 36. 225 p.
- Identification guide to the freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. S.Ya. Tsalolikhin (ed.). St.-Petersburg, Nauka, 1995, vol. 2. pp. 34–128. (In Russian)
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. Available at: <http://www.algaebase.org>.
- Karataev A.Yu. The influence of heating on the invertebrate complex in the littoral zone of the TPP cooling reservoir – Lake Lukomsky. *Biologiya vnutrennikh vod*, 1988, no 80, pp. 32–35. (In Russian)
- Kiselev I. A. Plankton of the seas and continental waters. Vol. 1. Leningrad, Nauka, 1969. 658 p. (In Russian)
- Kozhova O.M. Phytoplankton formation of the Bratsk reservoir. *Formirovaniye prirodnikh usloviy i zhizni Bratskogo vodokhranilishcha* [Formation of natural conditions and life in the Bratsk reservoir], Moscow, Nauka, 1970. pp. 7–26. (In Russian)
- Korneva L.G. Phytoplankton in the Volga River basin reservoirs. Kostroma, Kostromskoy pechatnyy dom, 2015. 284 p. (In Russian)
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1986. 876 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/1).
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epitemiaceae, Surirellaceae. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1988. 596 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/2).
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1991a. 576 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/3).
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Geamtliteraturverzeichnis. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1991b. 437 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd., 2/4).
- Kutikova L. A. Rotifers of the USSR fauna (Rotatoria). Leningrad, Nauka, 1970. 744 p. (In Russian)
- Luneva E.V. Assessment of Russian nuclear power plants on cooling pond ecosystems. *Izvestiya KGTU*, 2014, no 34, pp. 20–33. (In Russian)
- Magguran A.E. Ecological diversity and its measurement. Moscow, Mir, 1992. 181 p. (In Russian)
- Novoselova T.N., Protasov A.A. Phytoplankton in reservoirs-coolers of techno-ecosystems atomic and thermal power plants (review). *Gidrobiol. Zhurn.*, 2014, vol. 50, no 6, pp. 58–69. (In Russian)
- Pogrebov V.B., Ryabova V.N. Indication of ecosystem disturbances under conditions of an anthropogenic thermal gradient in the Gulf of Finland by plankton. *Ekologiya*, 1988, no 4. pp. 39–45. (In Russian)
- Popova T.G. Euglena algae. Moscow, Sov. nauka, 1955. 282 p. (In Russian)
- Popovský J., Pfister L.A. Dinophyceae (Dinoflagellida). Jena; Stuttgart, Gustav Fisher Verlag, 1990. 272 p. (Süßwasserflora von Mitteleuropa; Bd. 6).
- Rickett J.D., Watson R.L. Zooplankton community structure in Dardanelle reservoir, Arkansas, 1975–1982. *Arkansas Acad. Sci. Proc.*, 1983, vol. XXXVII. pp. 65–69.
- Rossolimo L.L. Changes in limnic ecosystems under the anthropogenic factor influences. Moscow, Nauka, 1977. 144 p. (In Russian)
- Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 1977, vol. 8. pp. 71–76.
- Sadchikov A.P. Methods for studying freshwater phytoplankton. Moscow, Universitet i shkola, 2003. 157 p. (In Russian)
- Salazkin A.A., Lavrent'yeva G.M. Hydrobiological characteristics of various fishery reservoirs in the European part of the RSFSR. *Otsenka stepeni ispol'zovaniya fitoplanktona zooplanktonom v usloviyakh opytnykh ozer* [Assessment of the degree of phytoplankton utilization by zooplankton in the conditions of experimental lakes], Leningrad, GosNIORKh, 1981. pp. 31–46. (In Russian)
- Samoylenko V.M., Svirid A.A. Long-term changes in phytoplankton of cooling pond. *Al'gologiya*, 2014, vol. 24, no 3. pp. 371–375. (In Russian)
- Shuyskiy V.F., Yevdokimov I.I., Dompal'm E.I. Influence of thermal and organic pollution on the biota of cooling ponds. *Otsenka urovnya lokal'nogo "teplovogo zagryazneniya" v vodoyemakh-okhladitelyakh* [Assessment of the local "thermal pollution" level in cooling water bodies], St-Petersburg, GosNIORKh, 1995. pp. 82–86. (In Russian)
- Smirnov N. N. Chydoridae of the world fauna. Leningrad, Nauka, 1971, vol. 1. 531 p. (In Russian)
- Starmach K. Canophyta – sinice. Glaucophyta – glaucophity. Warszawa, PWN, 1966. 808 p. (Flora slodkovodna Polski; T.2).

- Starmach K. Chrysophyta I. Chrysophyceae – zlotowiciowce oraz wiclowce bezbarwne – zooflagellata wolnozyjące. Warszawa, PWN, 1968a. 598 p. (Flora słodkowodna Polski; T. 5).
- Starmach K. Chrysophyta III. Xanthophyceae – roznowiciowe. Warszawa; Krakow, PWN, 1968b. 394 p. (Flora słodkowodna Polski; T. 7).
- Starmach K. Cryptophyceae – kryptofity, Dinophyceae – dinofity, Raphidophyceae – Raphidofity. Warszawa; Krakow, PWN, 1974. 520 p. (Flora słodkowodna Polski; T. 4).
- Stolbunova V.N. Aquatic communities and aquatic biology. *Mnoroletnyaya dinamika zooplanktona Ivan'kovskoro vodokhranilishcha* [Long-term dynamics of zooplankton in the Ivankovskoe reservoir], Leningrad, Nauka, 1985. pp. 50–59. (In Russian)
- Polunina Yu.Yu. Community of cladocerans (Crustacea, Cladocera) in specific estuary conditions (on the example of the Pregolya– Vistula Lagoon system). *Cand. Biol. Sci. Diss.* Kaliningrad, 2006. 141 p. (In Russian)
- Protasov A.A., Semenchko V.P., Silayeva A.A., Timchenko V.M., Buzevich I.YU., Guleykova L.V., D'yachenko T.N., Morozova A.A., Yurishinets V.I., Yarmoshenko L.P., Primak A.B., Morozovskaya I.A., Mas'ko A.N., Golod A.V. Techno-ecosystem of NPP. Hydrobiology, abiotic factors, environmental assessments. Kiev, Institut gidrobiologii NAN Ukrainy, 2011. 234 p. (In Russian)
- Verbitskiy V.B. Temperature optimum, preferendum and thermal tolerance of freshwater crustaceans (Cladocera, Isopoda, Amphipoda). *Extendend Abstract of Doct. Biol. Sci. Diss.* Borok, 2012. 49 p. (In Russian)
- Vodoyem-okhladitel' Kharanorskoj GRES i ego zhizn'* [Cooling pond of the Kharanorskaya SDPP and his life]. Novosibirsk, SB RAS, 2005. 191 p. (In Russian)
- Zheng Y., Jun Y., Jing Z., Xiaoqing Y., Lemian L., Hong L. Water stratification affects the microeukaryotic community in a subtropical deep reservoir. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 2014, vol 61, pp. 126–133. doi: 10.1111/jeu.12090

PLANKTONIC COMMUNITY IN WATERBODIES OF THE KHARANORSKAYA SDPP: CURRENT STATE AND DINAMICS

E. Yu. Afonina, N. A. Tashlykova

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS
672014, Chita, Nedorezova st., 16a, Russia, e-mail: kataff@mail.ru*

This paper presents the results of studies of phyto- and zooplankton communities in reservoirs of the Kharanorskaya SDPP cooling system (cooling pond, water supply and drainage channels), conducted in April, July and October of 2019. Long-term changes in the diversity and structure of planktonic associations during 1995–2019 are analyzed. A total of 141 taxa of algae ranked below the genus level and 52 taxa of invertebrates are identified in plankton. The phytoplankton total abundance and total biomass changed from 20 to 742×10^3 cells/l and from 65 to 711 mg/m³; zooplankton, from 7 to 212×10^3 ind./m³ and from 0.01 to 2.7 g/m³. The greatest abundance of algae was observed in summer and autumn, invertebrates – in spring and summer. Long-term observations of planktonic biocenoses show an increase in the species richness of diatoms and rotifers and a decrease in green algal and chrysophytes. Also there is a tendency towards a decrease in the phyto- and zooplankton total abundance as the abundance of cyanophytes, green algal, rotifers and cladocerans increases.

Keywords: phytoplankton, zooplankton, species composition, abundance, biomass, seasonal and interannual dynamics, cooling pond, drainage and water supply channels, Kharanorskaya SDPP