

**Развитие планктонных сообществ
в условиях антропогенной гидротермали**

© 2018. Н. А. Ташлыкова, к. б. н., н. с.,

Е. Ю. Афонина, к. б. н., н. с.,

Институт природных ресурсов экологии и криологии СО РАН,

672014, Россия, г. Чита, ул. Недорезова, 16а,

e-mail: NatTash2005@yandex.ru, kataf@mail.ru

Стандартными гидробиологическими методами изучена планктонная флора и фауна термальной зоны водоёма-охладителя Харанорской ГРЭС (Забайкальский край). В составе фитопланктона отмечено 40 таксонов водорослей, в составе зоопланктона – 25 видов беспозвоночных. В альгоценозе доминировали Chlorophyta, Bacillariophyta и Crysophyta, составляя 80% от общего числа таксонов. В зоопланктоценозе 40% от общего числа видов приходилось на долю Rotifera. Показано, что состав доминирующего комплекса носит сезонный характер. Определены количественные характеристики фито- и зоопланктона. На примере некоторых гидробионтов (водорослей и беспозвоночных) отмечено, что основной реакцией на увеличение термальной нагрузки является смещение и удлинение сроков их развития. Для абиотических параметров определена обратная корреляция температуры поверхностного и придонного слоёв воды с прозрачностью и содержанием нитратов. Для биотических характеристик планктона статистически выявлено, что основными факторами, влияющими на развитие организмов толщи воды антропогенной гидротермали водохранилища, являются температура, катионный и анионный состав вод, а также содержание взвешенных веществ.

Ключевые слова: фитопланктон, зоопланктон, численность, биомасса, антропогенная гидротермаль, метод главных компонент, водоём-охладитель Харанорской ГРЭС.

**Development of plankton communities
in the anthropogenic hydrothermal conditions**

© 2018. N. A. Tashlykova ORCID: 0000-0003-1252-3477,

E. Yu. Afonina ORCID: 0000-0002-4385-7747,

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology

of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,

16a Nedorezova St., Chita, Russia, 672014,

e-mail: NatTash2005@yandex.ru, kataf@mail.ru

An electric power plant induced increase in water temperature substantially affects aqueous medium. Any hydraulic facility zones to be artificially heated and used by power plants may be considered as peculiar “anthropogenic hydrothermal systems”. Interrelation properties of specific abiotic and biotic parameters of such extreme ecosystems shall be studied at large for understanding hydraulic facility ecosystem biological efficiency and trophic status alteration factors. This paper applies to analysis of relations between hydrothermal zone environment factors and basic characteristics of the plankton population in the Kharanorskaya State District Power Station (Trans-Baikal Territory) cooling reservoir. The population of planktonic animals and plants were studied at a thermal zone of the cooling reservoir by using standard hydrobiologic methods for the period of February to October, 2013. Hydrochemical samples were processed at the industrial sanitary laboratory of INTER RAO-Electroenergy JSC, Kharanorskaya SDPS branch using common techniques. It was found that phytoplankton contained 40 taxonomic groups of algae and 25 invertebrate species of animal plankton. Chlorophyta, Bacillariophyta and Crysophyta dominated in algalocenosis amounted to 80% of the total taxonomic groups. As for Rotifera, it dominated in animal plankton cenosis amounted to 40% of the total species. It is demonstrated that the dominated complex varies seasonally. Quantity of phytoplankton and animal plankton has been specified. The algal species diversity has drastically reduced and quality of invertebrate animals has fallen down within the period when water was maximally warmed up since temperature values jumped up and oxygen content come down. With some aquatic organisms (i.e. algae and invertebrate animals) taken as an example, it was found that the offset and extension of organism growth periods induce a primary reaction to particular thermal load increase factors. Inverse temperature correlation was identified at surface and natural water layers to have specific abiotic parameters in relation to clear water and nitrate levels in water. As provided by biotic plankton sampling statistical data, it was found that temperature, cation and anion water composition, as well as suspended solid concentration are the main factors that affect growth of organisms in the anthropogenic water reservoir of the hydraulic facilities.

Keywords: phytoplankton, zooplankton, abundance, biomass, anthropogenic hydrothermal, principal component analysis, cooling reservoir of Kharanorskaya electric power station.

Влияние электростанций различного типа на гидрофизические, гидрохимические параметры, а также биологический режим водохранилищ, на которых они расположены, многосторонне [1–17]. Наиболее заметным изменением водной среды в результате воздействия работы электростанции является увеличение температуры воды. Изучение участков, непосредственно испытывающих влияние сброса подогретых вод, позволило выделить несколько зон, границы которых также в основном определялись по градиенту температуры [3]. Такие участки можно рассматривать в качестве своеобразных «гидротермалей». Данный термин был предложен в работе [18] для обозначения биотопов, возникающих вокруг подводных гидротерм. Во многом аналогичные условия формируются и в континентальных водоёмах на участках сброса подогретых вод с энергетических объектов, прежде всего ТЭС. Эти участки гидросферы можно рассматривать как своеобразную антропогенную гидротермаль [2]. Под термином «антропогенная гидротермаль» понимают любой искусственно подогреваемый участок водного объекта, используемый энергетическими станциями. В таких специфических экосистемах основным антропогенным фактором выступает температура сбросных вод. Этот экзогенный параметр является структурирующим, так как обуславливает сезонную смену видов и их пространственное распределение, определяя скорость протекания жизненных

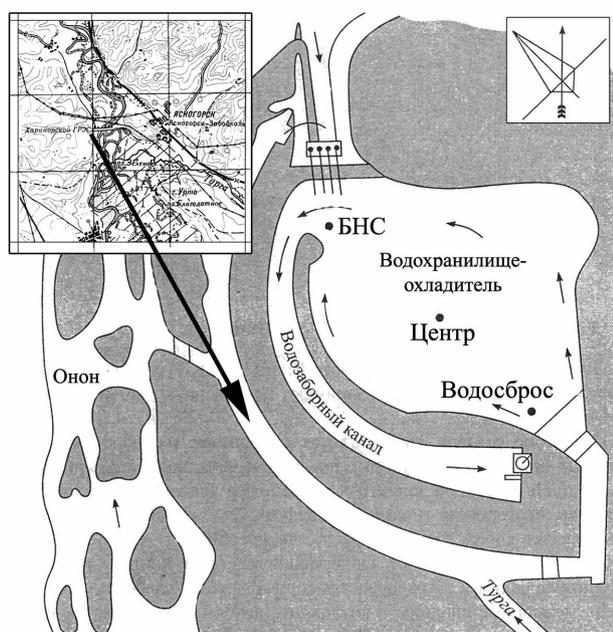
процессов гидробионтов, а также характер воздействия других факторов среды [2].

Цель данной работы – анализ взаимосвязи между факторами среды гидротермальной зоны и основными характеристиками планктона водоёма-охладителя Харанорской ГРЭС.

Материалы и методы исследования

Водоём-охладитель Харанорской ГРЭС – Харанорское водохранилище (далее ХВ) расположен на юге Забайкальского края в Онон-Аргунском степном районе. Водоохранилище образовалось в результате затопления территории водами реки Онон в месте впадения в неё реки Турги и пойменных озёр Зелёное, Благодатное и Улан-Хада. Это водоём наливного типа. В систему водохранилища входят: дренажный канал, водозаборный канал, водосбросной канал (антропогенная гидротермаль) и водоподводящий канал. Заполнение и подпитка водохранилища происходит за счёт подачи воды из реки Онон [5]. Основные гидрологические характеристики водохранилища приведены на рисунке 1.

Антропогенная гидротермаль ХВ представлена водосбросным каналом (на карте водосброс), в который сбрасывается нагретая на гидростанции циркуляционная вода. Канал открытый, железобетонный, с двумя выпусками: один – в водохранилище, другой в реку Турга. Органами рыбоохраны выпуск тёплой



Характеристика, ед. измерения Characteristics, unit	Величина Value
Координаты водоёма Reservoir coordinates	50°51'14" N, 115°40'37" E
Объём, млн км ³ Volume, million km ³	15,6
Площадь, км ² Area, km ²	4,1
Средняя глубина, м Average depth, m	3,8
Максимальная глубина, м Maximum depth, m	5–6
Прозрачность, м Transparency, m	0,6–1,8
Минерализация, мг/л Mineralization, mg/L	340

Рис. 1. Карта-схема и характеристика гидрологических параметров Харанорского водохранилища [5]
Fig. 1. Map-scheme and hydrological characteristics of the Kharanor reservoir [5]

Таблица 1 / Table 1
 Гидрофизические и гидрохимические показатели вод и значения количественных характеристик планктона антропогенной гидротермалы ХВ в феврале-октябре 2013 г. / Hydrophysical and hydrochemical data of water and quantitative characteristics of plankton in anthropogenic hydrothermal of the Kharanor Reservoir. (February-October, 2013)

Дата отбора / Date	Глубина, в м / Depth, m	Прозрачность, в м Transparency, m	Т, °С		pH	O ₂ , мг/л/мг/L	Жесткость общая, в мг-экв./л Total stiffness, mg-eq./L	Цветность, градусы Chromaticity, degrees	NO ₃ ⁻ , мг/л / mg/L	NO ₂ ⁻ , мг/л / mg/L	NH ₄ ⁺ , мг/л / mg/L	PO ₄ ³⁻ , мг/л / mg/L	Средняя численность фитопланктона, в тыс. кл./л / Average phytoplankton abundance, 10 ³ cell/L	Средняя биомасса фитопланктона, в мг/м ³ / Average biomass of phytoplankton, mg/m ³	Количество отмеченных видов Spp. number	Численность зоопланктона, в тыс. экз./м ³ / Density of zooplankton, in 10 ³ ind./m ³	Биомасса зоопланктона, в мг/м ³ / Biomass of zooplankton, mg/m ³	Количество отмеченных видов Spp. number
			поверхность surface	дно / bottom														
20.02	2,2	2,2	7	6,8	7,7	16,6	3	10	0,32	0,005	0,1	0,045	80,98	46,83	28	8,42	208,72	4
18.04	2,4	2,1	10,4	10,4	8,12	12,65	2,6	10	0,223	0,005	0,294	0,071	819,59	551,3	29	48,72	182,99	9
12.06	2,1	1,1	27,1	22	8,25	9,4	3,2	10	0,059	0,003	0,15	0,012	171,54	395,71	40	652,24	1430,4	10
15.08	2,8	0,8	28	25	8,13	8,05	3	15	0,052	0,004	0,14	0,024	1208,91	244,35	20	182,5	1635,29	12
23.10	2,05	1,3	17,5	14	8,62	8,31	2,6	15	0,1	0,0021	0,41	0,051	50,54	18,86	32	101,72	1101,36	6

воды в р. Турга запрещён и в настоящее время закрыт [5].

Исследования гидрофизических параметров и характеристик планктонных организмов (фито-, зоопланктон) в водосбросном канале проводились с февраля по октябрь 2013 г. За фоновый участок была выбрана береговая насосная станция (БНС). Всего за период исследования было отобрано 55 планктонных проб (40 – фитопланктонных, 15 – зоопланктонных).

Обработка гидрохимических проб проводилась в промышленно-санитарной лаборатории ОАО «ИНТЕР РАО-электрогенерация» филиал «Харанорская ГРЭС» по общепринятым методикам [19]. Фитопланктонные пробы отбирали с поверхностного и придонного горизонтов, а также на глубине прозрачности, при помощи батометра Паталаса. Отбор проб зоопланктона проводили тотально сетью Джеди средней модели с конусом из капронового сита диаметром ячеей 0,064 мм. Материал фиксировали 4%-ным раствором формалина. Фитопланктонные пробы, отобранные для определения качественного состава водорослей, фиксировали раствором Люголя с хромовой кислотой [20]. Подготовку фитопланктонных проб проводили осадочным методом. Часть полученной пробы объёмом 0,1 мл просматривали по методу Гензена с помощью счётной пластины [21]. Биомассу фитопланктона определяли по объёму отдельных клеток или колоний водорослей, при этом удельный вес принимали равным единице [20]. Зоопланктон обрабатывали согласно стандартным гидробиологическим методикам [21]. Данные по биомассе зоопланктона получали путём определения индивидуального веса организмов с учётом их размера [22, 23]. Статистический анализ материала проведен с использованием программы XLStat (2017).

Изменения некоторых гидрологических и гидрохимических параметров водосбросного канала приведены в таблице 1.

Результаты и обсуждение

При исследовании антропогенной гидротермалы ХВ особое внимание уделялось температуре воды и её влиянию на другие абиотические факторы. Степень прогрева толщи воды на данном участке в разные сезоны года была неодинакова. Весной средняя температура в водосбросной зоне была выше на 3–5 °С, чем в фоновом участке, летом разница температур составляла 2–6 °С, осенью – 6–7 °С (рис. 2).

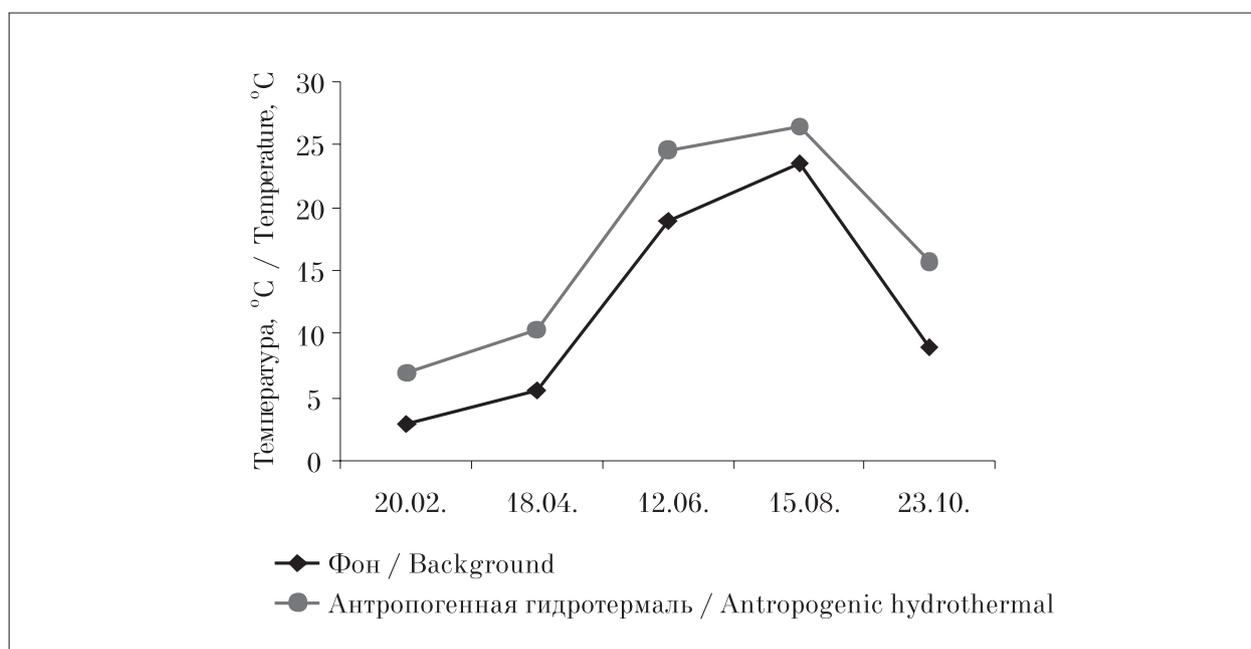


Рис. 2. Изменение средней температуры толщ воды в антропогенной гидротермали и фоновом участке ХВ в 2013 г.
Fig. 2. Change in the average of water in the anthropogenic hydrothermal and fond section of the Kharanor Reservoir in 2013

Отмечена обратная корреляция температуры поверхностного и придонного слоёв воды с прозрачностью ($r = -0,965$, $p = 0,008$ – для температуры поверхности и $r = -0,949$, $p = 0,014$ – для температуры дна), а также с содержанием нитратов ($r = -0,947$, $p = 0,015$; $r = -0,918$, $p = 0,028$), что, вероятно, можно объяснить высоким количеством сестона в толще воды [2]. Других значимых корреляций между температурой и абиотическими параметрами среды гидротермальной зоны ХВ не выявлено.

За период исследования в составе планктона термальной зоны ХВ было выявлено 40 видов, разновидностей и форм планктонных водорослей и 25 таксонов беспозвоночных. В систематическом отношении в фитопланктоне доминировали зелёные, диатомовые и золотистые водоросли (80% от общего числа таксонов), в зоопланктоне – коловратки (более 40%). В планктоне преобладали широко распространённые организмы, которые составляли немногим более 70% от общего числа отмеченных таксонов, на долю голарктов и палеарктов приходилось около 30%. По отношению к температурному фактору большинство отмеченных организмов являются обитателями широкого температурного диапазона.

Как отмечает ряд исследователей [1, 4, 6, 13–17], реакция на увеличение температуры среды проявляется у фитопланктона – в удлинении сроков вегетации и увеличении

биомассы, у беспозвоночных – в удлинении сроков активной жизнедеятельности, увеличении количества генераций и переходе к ацикли. В ХВ состав доминирующего комплекса носил сезонный характер [5]. Для подлёдного планктона было характерно более раннее и обильное развитие хризифитовой водоросли *Chrysococcus cystophorus* Skuja и младшевозрастных стадии *Cyclops vicinus* Uljanin (73–83% от общей численности растительного и животного планктона). По сравнению с водоёмами без термальной нагрузки, преждевременно активизировали своё развитие представители летнего планктона [6]. Уже в июне основными компонентами сообщества в фитопланктоне являлись цианобактерии (*Aphanizomenon flos-aqua* Ralfs ex Bornet & Flahault, виды рода *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont), зелёные (виды рода *Pediastrum* Meyen, *Scenedesmus* Meyen, *Monoraphidium* Komárková-Legnerová) и диатомовые водоросли (*Synedra acus* var. *radians* (Kützing) Hustedt, виды рода *Aulacoseira* Thwaites), составлявшие в совокупности 95% от общей численности. В зоопланктоне в этот период обильно развивались коловратка *Kellicottia longispina* (Kellicott) (86% от общей численности) и представители веслоногих ракообразных, на долю которых приходилось более 70% от общей биомассы. В период максимального прогрева вод происходило резкое сокращение видового разнообразия альгосообществ и по-

нижение численности беспозвоночных, что, по всей вероятности, обусловлено максимальными значениями температурного показателя и низкими значениями содержания кислорода в этот период. Среди фототрофов в массе вегетировала цианобактерия *A. flos-aqua* (92% от общей численности), а у беспозвоночных – мелкие формы зоопланктонов: ювенильные стадии *Thermocyclops crassus* (Fischer) (54% по численности и 58% по биомассе) и молодь *Bosmina longirostris* (O.F. Müller) (43 и 40% соответственно). С осенним понижением температуры воды в фитопланктоне продолжили своё развитие цианеи, имеющие более высокий температурный оптимум в водоёмах умеренных широт, однако их численность снижалась до 50% от общего количества фототрофов. Возросла доля зелёных водорослей (до 35%). В зоопланктоценозе преобладали половозрелые особи *B. longirostris*, формирующие 60% всей численности и 67% всей биомассы.

Изменение численности и биомассы водорослей и беспозвоночных планктона водосборного канала ХВ в 2013 г. приведено в таблице 2.

Для определения влияния факторов внешней среды на вариабельность показателей

развития планктона был использован метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA). Анализ позволил выявить два основных фактора, сочетающих ряд определяющих гидрохимических и гидрофизических параметров. Фактор 1, на который приходится 35,76% общей дисперсии, характеризуется тесной положительной связью с температурой воды (поверхность, дно), и тесной отрицательной связью с содержанием кислорода, нитратного и нитритного азота, фосфатов и прозрачностью. Фактор 2, на который приходится 25,92% общей дисперсии, проявляет высокую положительную связь с содержанием кремния, АСПАВами, и отрицательную связь – с содержанием хлоридов, магния и жёсткостью воды. Корреляция основных таксономических групп фито- и зоопланктона с выявленными абиотическими факторами представлена на рисунке 2.

Анализ корреляционных связей количественных показателей фито- и зоопланктона с абиотическими показателями среды, показал, что основными факторами антропогенной гидротермалы ХВ, влияющими на развитие организмов толщи воды, являются температура, катионный и анионный состав вод, а также

Таблица 2 / Table 2

Корреляционные связи показателей фито- и зоопланктона с абиотическими показателями среды в антропогенной гидротермалы Харанорского водохранилища ГРЭС ($p < 0,05$)
Correlation coefficient between biological and environmental variables of the anthropogenic hydrothermal of the thermal station cooling pond Kharanorskaya reservoir ($p < 0.05$)

Показатель Variables	Коэффициент корреляции Correlation coefficient	Показатель Variables	Коэффициент корреляции Correlation coefficient
$T_{s.} - N_{Eug.}$	0,911	$Cu^{2+} - N_{Char}$	0,995
$T_{s.} - B_z$	0,971	$Cu^{2+} - n_{Char}$	0,971
$T_{s.} - n_{cop}$	0,896	$Ca^{2+} - N_{cop}$	0,948
$T_b - N_{cop} / B_{cop}$	0,922 / 0,881	$Ca^{2+} - n_{clad}$	0,935
$T_b - B_z$	0,946	$Ca^{2+} - N_{Char}$	0,966
$T_b - N_{Eug}$	0,944	$Mg^{2+} - n_{Din}$	0,913
$T_b - N_{Char}$	0,886	$NO_3^- - B_z$	-0,943
$H - N_f$	0,957	$NO_3^- - N_{cop}$	-0,986
$H - n_{clad}$	0,921	$NO_2^- - n_{Cyan}$	-0,919
$TR - n_{cop}$	-0,940	$Cl^- - N_{Xant}$	-0,953
$TR - B_z$	-0,995	$Cl^- - n_{Xant}$	-0,953
$SS - N_{diat} / B_{diat}$	0,982 / 0,982	$SO_4^{2-} - n_f$	-0,893
$SS - N_{Chrys} / B_{Chrys}$	0,996 / 0,998	$SO_4^{2-} - n_{diat}$	-0,979
$Col. - N_{clad} / B_{clad}$	0,952 / 0,981	$PO_4^{3-} - B_{cop}$	-0,909
$O_2 - n_{cop}$	-0,979	$PO_4^{3-} - n_{Eug}$	-0,891
$O_2 - N_{clad}$	-0,892	$pH - n_{Char}$	0,987
$ASPAV - N_{Xant}$	0,998	$ASPAV - n_{Xant}$	0,998

содержание взвешенных веществ (табл. 2). Перечисленные параметры обуславливают формирование состава и количественных характеристик растительных и животных организмов толщи воды.

Заключение

Таким образом, согласно полученным результатам, флора и фауна планктона антропогенной гидротермалы формируется преимущественно повсеместно встречающимися аборигенными видами с широким температурным диапазоном. Как и в подогреваемых участках других водоёмов, основной реакцией гидробионтов на увеличение температуры среды является удлинение периодов и сдвиг сроков развития растений и животных толщи воды. В период максимального прогрева отмечается снижение видового разнообразия и количественного развития водорослей и беспозвоночных. Анализ корреляционных связей и вариабельности показателей количественных характеристик фито- и зоопланктона с абиотическими показателями среды показал, что основными факторами, обуславливающими развитие этих групп организмов, являются температура, ионный состав вод и содержание взвешенных веществ.

Литература

1. Кирилов В.В., Зарубина Е.Ю., Митрофанова Е.Ю., Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. Биологическая оценка последствий термического загрязнения водоёма-охладителя Беловской ГРЭС // Ползуновский вестник. 2004. № 2. С. 133–141.
2. Лазарева В.И., Минеева Н.М., Жданова С.М. Пространственное распределение планктона в водохранилищах Верхней и Средней Волги в годы с различными термическими условиями // Поволжский экологический журнал. 2012. № 4. С. 394–407.
3. Суздалева А.Л. Унифицированная методика исследования экологического состояния водоёмов-охладителей тепловых и атомных электростанций // Региональная экология. 2000. № 1–2. С. 58–61.
4. Безносос В.Н., Суздалева А.Л. Антропогенная гидротермаль: общая характеристика биотопа и возможная роль в климатогенных изменениях водной биоты // Водные экосистемы и организмы – 3: Мат. научной конф. М.: МАКС Пресс, 2001. С. 48–50.
5. Водоём-охладитель Харанорской ГРЭС и его жизнь. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. С. 3–57.
6. Гидробиология водоёмов-охладителей тепловых и атомных станций Украины / Отв. ред. М.Ф. Поливанная. Киев: Наукова думка, 1991. 191 с.
7. Dunstall T.G., Haymes G.T., Kwik J.K. Influence of a thermal electric generating station on water chemistry and distribution of plankton // Journal of Great Lakes Research. 1985. V. 11. No. 4. P. 530–539.
8. Rajadurai M., Poornima E.H., Narasimhan S.V., Rao V.N.R., Venugopalan P. Phytoplankton growth under temperature stress: Laboratory studies using two diatoms from a tropical coastal power station site // Journal of Thermal Biology. 2005. V. 30. No. 4. P. 299–305.
9. Carpenter E.J., Anderson S.J., Peck B.B. Copepod and chlorophyll a concentrations in receiving waters of a nuclear power station and problems associated with their measurement // Estuarine and Coastal Marine Science. 1974. V. 2. No. 1. P. 83–88.
10. Simpson R.D., Dudaitis A. Changes in the density of zooplankton passing through the cooling system of a power-generating plant // Water Research. 1981. V. 15. No. 1. P. 133–138.
11. Ponomareva Y.A., Ivanova E.A. Ratio between living and dead cells and the size structure of the Yenisei River phytoplankton downstream of the Krasnoyarsk Hydroelectric Power Station // Contemporary Problems of Ecology. 2016. V. 9. No. 5. P. 582–589.
12. Mallin M.A. The plankton community of an acid blackwater South Carolina power plant impoundment // Hydrobiologia. 1984. V. 112. No. 3. P. 167–177.
13. Suzdaleva A.L. The effect of circulating water masses of nuclear power plants on the distribution of bacterial plankton in cooling ponds // Water Resources. 2001. V. 28. No. 3. P. 317–323.
14. Zębek E. Phytoplankton-nutrient relationships in years with various water levels in the Pasłęka River in the vicinity of the hydroelectric power station (North-east Poland) // Russian Journal of Ecology. 2013. V. 44. No. 6. P. 492–499.
15. Eloranta P.V. Physical and chemical properties of pond waters receiving warm-water effluent from a thermal power plant // Water Research. 1983. V. 17. No. 2. P. 133–140.
16. Srivastava N.K., Ambasht R.S., Shardendu R.K. Effect of thermal power effluents on the community structure and primary production of phytoplankton // Environment International. 1993. V. 19. No. 1. P. 79–90.
17. Poornima E.H., Rajadurai M., Rao T.S., Anupkumar B., Rajadurai M., Rajamohan R., Narasimhan S.V., Rao V.N.R., Venugopalan V.P. Impact of thermal discharge from a tropical coastal power plant on phytoplankton // Journal of Thermal Biology. 2005. V. 30. No. 4. P. 307–316.
18. Филатова З.А. О теплолюбивых сообществах глубоководной донной фауны рифтовых зон Тихого океана // Океанология. 1980. Т. 20. № 3. С. 520–524.
19. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. 269 с.
20. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Университет и школа, 2003. 159 с.

21. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоёмов: В 2 т. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.

22. Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф. Структурно-функциональные характеристики экосистем малых солёных озёр Крыма // Биология внутренних вод. 2007. № 2. С. 11–19.

23. Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. Stuttgart. 1977. No. 8. P. 71–76.

References

1. Kirilov V.V., Zarubina E.Yu., Mitrofanova E.Yu., Yanigina L.V., Krylova E.N. Biological assessment of the consequences of thermal contamination of the reservoir-cooler Belovskaya GRES // Polzunovskiy vestnik. 2004. No. 2. P. 133–141 (in Russian).

2. Lazareva V.I., Mineeva N.M., Zhdanova S.M. Spatial distribution of plankton in reservoirs of the Upper and Middle Volga in years with different thermal conditions // Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal. 2012. No. 4. P. 394–407 (in Russian).

3. Suzdaleva A.L. Unified method to study ecological state of cooling reservoirs of heat and atomic power stations // Regionalnaya ekologiya. 2000. No. 1–2. P. 58–61 (in Russian).

4. Beznosov V.N., Suzdaleva A.L. Anthropogenic hydrothermal: general characteristics of the biotope and possible role in climatogenic changes in aquatic biota // Water ecosystems and organisms – 3: Sbornik materialov nauchnoy konferentsii. 2001. P. 48–50 (in Russian).

5. Kharanorskaya power station cooling pond and his life. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2005. P. 3–57 (in Russian).

6. Hydrobiology of reservoirs-coolers of thermal and nuclear power plants of Ukraine / Ed. M.F. Polivannaya. Kiev: Science. Dumka, 1991. 191 p. (in Russian).

7. Dunstall T.G., Haymes G.T., Kwik J.K. Influence of a thermal electric generating station on water chemistry and distribution of plankton // Journal of Great Lakes Research. 1985. V. 11. No. 4. P. 530–539.

8. Rajadurai M., Poornima E.H., Narasimhan S.V., Rao V.N.R., Venugopalan P. Phytoplankton growth under temperature stress: Laboratory studies using two diatoms from a tropical coastal power station site // Journal of Thermal Biology. 2005. V. 30. No. 4. P. 299–305.

9. Carpenter E.J., Anderson S.J., Peck B.B. Copepod and chlorophyll a concentrations in receiving waters of a nuclear power station and problems associated with their measurement // Estuarine and Coastal Marine Science. 1974. V. 2. No. 1. P. 83–88.

10. Simpson R.D., Dudaitis A. Changes in the density of zooplankton passing through the cooling system of a

power-generating plant // Water Research. 1981. V. 15. No. 1. P. 133–138.

11. Ponomareva Y.A., Ivanova E.A. Ratio between living and dead cells and the size structure of the Yenisei River phytoplankton downstream of the Krasnoyarsk Hydroelectric Power Station // Contemporary Problems of Ecology. 2016. V. 9. No. 5. P. 582–589.

12. Mallin M.A. The plankton community of an acid blackwater South Carolina power plant impoundment // Hydrobiologia. 1984. V. 112. No. 3. P. 167–177.

13. Suzdaleva A.L. The effect of circulating water masses of nuclear power plants on the distribution of bacterial plankton in cooling ponds // Water Resources. 2001. V. 28. No. 3. P. 317–323.

14. Zębek E. Phytoplankton-nutrient relationships in years with various water levels in the Pasłęka River in the vicinity of the hydroelectric power station (North-east Poland) // Russian Journal of Ecology. 2013. V. 44. No. 6. P. 492–499.

15. Eloranta P.V. Physical and chemical properties of pond waters receiving warm-water effluent from a thermal power plant // Water Research. 1983. V. 17. No. 2. P. 133–140.

16. Srivastava N.K., Ambasht R.S., Shardendu R.K. Effect of thermal power effluents on the community structure and primary production of phytoplankton // Environment International. 1993. V. 19. No. 1. P. 79–90.

17. Poornima E.H., Rajadurai M., Rao T.S., Anupkumar B., Rajadurai M., Rajamohan R., Narasimhan S.V., Rao V.N.R., Venugopalan V.P. Impact of thermal discharge from a tropical coastal power plant on phytoplankton // Journal of Thermal Biology. 2005. V. 30. No. 4. P. 307–316.

18. Filatova Z.A. About heat-loving communities of the deep-water bottom fauna of the rift zones of the Pacific Ocean // Okeanologiya. 1980. V. 20. No. 3. P. 520–524 (in Russian).

19. Alekin O.A., Semenov A.D., Skopintsev B.A. Guidelines for the chemical analysis of land waters. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973. 269 p. (in Russian).

20. Sadchikov A.P. The Study Methods of Freshwater Phytoplankton. Moskva: Universitet i shkola, 2003. 159 p. (in Russian).

21. Kiselev I.A. Plankton of the seas and continental reservoirs. Leningrad: Nauka, 1969. V. 1. 658 p. (in Russian).

22. Balushkina E.V., Golubkov S.M., Golubkov M.S., Lytvynchuk L.F. Structural and functional characteristics of small salt lake ecosystems of the Crimea // Biologiya vnutrennikh vod. 2007. No. 2. P. 11–19 (in Russian).

23. Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. Stuttgart. 1977. No. 8. P. 71–76.