

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ХАРАНОРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОЦЕНКИ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПЛАНКТОНА

**Г.Ц. Цыбекмитова**

E-mail: gazhit@bk.ru

*ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», г. Чита, Россия*

**АННОТАЦИЯ:** Представлены результаты оценки продукционно-деструкционных процессов в экосистеме Харанорского водохранилища – водоема-охладителя Харанорской ГРЭС. Установлено, что содержание растворенного кислорода в воде водохранилища подвержено сезонной динамике, соответствующей происходящим в водоеме биохимическим процессам. Весной и осенью концентрация растворенного кислорода находится в пределах 12,6–14,2 мгО<sub>2</sub>/л-сут. Уменьшение содержания кислорода летом до 9,6 мгО<sub>2</sub>/л-сут связано с увеличением температуры воздуха и тепловым влиянием ТЭЦ, приводящим к интенсификации процессов биохимического разложения органических и окисления минеральных веществ. Высокие продукционные возможности экосистемы обнаружены в июле в поверхностных горизонтах водной толщи. Прекращение продукции органического вещества фитопланктоном в придонных слоях литоральной зоны в июле связано с поступлением аллохтонного вещества с водами р. Онон. Установлена самая высокая скорость суточной продукции в июле, в октябре – она ниже, но остается высокой по отношению к весенним показателям.

Результаты исследования могут быть использованы для организации экологического мониторинга, а также для принятия управленческих решений по сохранению устойчивости экосистемы водохранилища.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Харанорское водохранилище, Забайкальский край, водоем-охладитель, ГРЭС, водная экосистема, продукция планктона, деструкция органического вещества.

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФГБУН ИПРЭК СО РАН) «Биоразнообразие природных и природно-техногенных экосистем Забайкалья (Центральной Азии) как индикатор динамики региональных изменений климата», № АААА-А17-117011210078-9.

Исследование особенностей первичного продуцирования, выявление ключевых факторов продуктивности, оценка современного состояния водных экосистем, анализ влияния на их развитие природных и ан-

тропогенных факторов относятся к актуальным проблемам современной гидробиологии [1–6]. Изучение природно-техногенных систем имеет научно-практическое значение вследствие взаимоувязанных воздействий природной системы на работу производства и производственных процессов на функционирование экосистемы [7].

Ослабление процессов самоочищения водоема происходит за счет нарушения стабильности трофических связей, особенно – соотношения продукционно-деструкционных процессов в экосистеме. В экосистеме водоемов автотрофные организмы являются основными продуцентами автотонного органического вещества, составляющего вместе с аллохтонным веществом материальную и энергетическую основу для всех последующих этапов продукционного процесса [1]. Наибольший вклад в суммарное производство органических веществ в большинстве случаев вносят планктонные водоросли [2].

Цель данной работы – исследование современного состояния первичной продукции планктона Харанорского водохранилища и выявление основных факторов, влияющих на состояние экосистемы водоема.

#### **ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Район исследований по физико-географическому местоположению находится в центрально-азиатской пустынно-степной области монгольской степной провинции Онон-Аргунского округа. В геоморфологическом отношении Харанорское водохранилище расположено в Тургинском межгорном понижении Удза-Торейской высокой равнины (500–800 м) Онон-Аргунского района Агинско-Керуленской горной и равнинной области [8, 9].

Ложе Харанорского водохранилища сформировано в пределах естественного русла р. Турги и заполнено водой в 1995 г. Уровненный режим (573–574 мБС) поддерживается за счет подкачки воды из р. Онон. Водохранилище обеспечивает водоснабжение возведенной на его берегу Харанорской ГРЭС.

Харанорское водохранилище по уровню продуктивности отнесено к категории эвтрофных [10, 11]. Высокая продуктивность водоема поддерживается за счет теплового эффекта, оказываемого Харанорской ГРЭС. Температурный фактор является одной из причин массового «цветения» планктонного сообщества с последующей перестройкой экосистемы, в т. ч. и процессов продукции и деструкции органического вещества [7, 12]. «Цветение» приводит к снижению прозрачности воды и уровня растворенного в воде кислорода [13]. Последствия природно-антропогенных воздействий отражаются на процессах продукции и деструкции органического вещества в экосистеме водохранилища.

В работе использованы материалы натуральных наблюдений за вегетационный сезон 2019 г. В центральной зоне и в литорали Харанорского водохранилища исследовали первичную продукцию планктона в апреле, июле и октябре (рис. 1).



**Рис. 1.** Район работ и точки отбора проб в водоеме-охладителе Харанорской ГРЭС: 1 – центральная зона, 2 – литоральная зона.

Fig. 1. The operational area and sampling points in the cooling reservoir of the Kharanorsk Hydro Power Plant: 1 – the central zone; 2 – the intertidal zone.

На каждой станции (в зависимости от прозрачности водной толщи и глубины исследуемого участка) выполняли отбор проб для вертикального столба по следующим горизонтам водной толщи: для центральной области озера – поверхностный слой – 1/2 зоны прозрачности – зона прозрачности – придонный слой; в литоральной зоне – поверхностный горизонт и придонные слои водной толщи. Отбор проб с каждого горизонта проводили батометром Паталаса. В контрольной пробе сразу фиксировали растворенный кислород раствором хлористого марганца и едкой щелочи для определения исходного содержания кислорода в воде. Экспонировали светлые и темные пробы на определенном горизонте в течение 24 ч. По истечении суток кислород в них фиксировали теми же реагентами, что и в контрольных пробах. Первичную продукцию фитопланктона в воде определяли ме-

тодом кислородной модификации [3, 14]. Расчеты первичной продукции и деструкции органического вещества в водоеме проводили согласно [15, 16]. Интегральную (под 1 м<sup>2</sup>) первичную продукцию ( $\Sigma A$ ) получали умножением  $A_{\max}$  (максимальное значение продукции) на прозрачность воды на станции, интегральную деструкцию ( $\Sigma R$ ) – умножением показателей деструкции органического вещества на среднюю глубину водоема [17].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты обследования водоема в разные периоды, морфологические и некоторые физико-химические показатели водохранилища (глубина, прозрачность по диску Секки, температура, рН, кислорода) представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Физико-химические параметры экосистемы Харанорского водохранилища в 2019 г.

Table 1. Physical/chemical parameters of the Kharanorsk Reservoir ecosystem in 2019

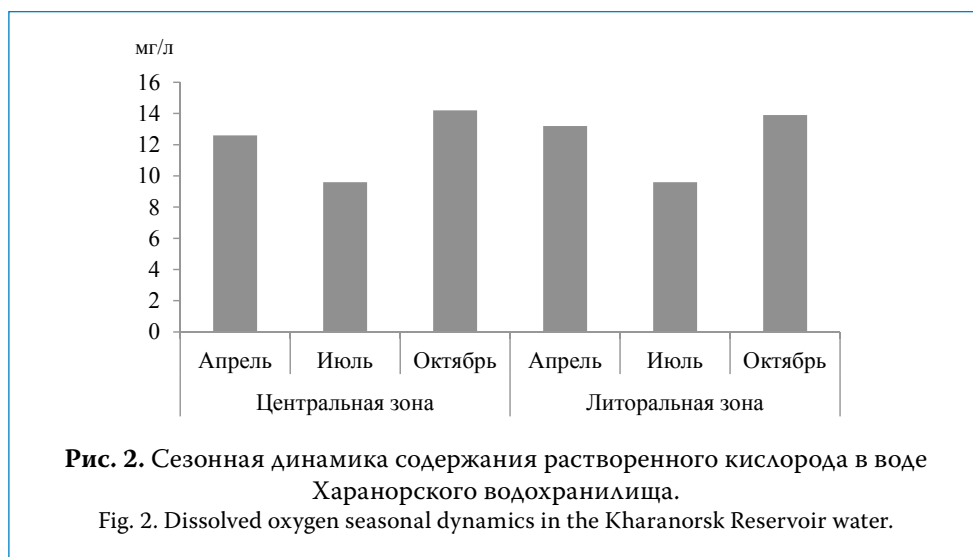
Показатели	Центральная зона			Литоральная зона		
	апрель	июль	октябрь	апрель	июль	октябрь
Глубина, м	3,6	4,2	3,0	1,3	3,0	3,0
Прозрачность, м	2,0	0,7	3,0	1,3	0,7	3,0
Температура, °С	10,1	24,5	8,4	11,2	24,5	8,6
рН	6,7	7,8	8,5	6,6	8,2	8,5

Подкачка воды из р. Онон способствовала искусственному изменению уровня воды в водохранилище в период исследований. В центральной зоне она менялась от 3 до 4 м. Низкий уровень литоральной зоны (1,3 м) на постоянной станции отбора проб в июле повысился до 3 м и в октябре соответствовал уровню воды центральной зоны. В июле уменьшение прозрачности водной толщи литоральной зоны до 0,7 м было связано с ветроволновым перемешиванием водоема. К октябрю в центральной зоне прозрачность водной толщи увеличилась до дна водоема.

В июне 2000–2003 гг. температура воды в водосбросном канале не поднималась выше 22 °С, разница между поверхностными и придонными слоями соответствовала 1,5–3,0 °С [10]. В июне 2013 г. температура воды изменялась в направлении водосборный канал – центр – береговая насосная станция от 25,3 °С до 16,9 °С в поверхностном слое, в придонном слое – от 22,0 °С до 14,3 °С. Разница между слоями составляла 3,3 °С и 2,6 °С. В июле 2019 г. температура воды по акватории водоема и разница между поверхностным и придонным слоями соответствовала уровню 2013 г.

Значения величины рН в водохранилище за исследуемый период изменялась от 6,6–6,7 (апрель) до 8,5 (октябрь). В среднем по центральной станции рН составил 7,6 (табл. 1). Для пресноводных рыб принята норма рН 6–9, а для максимальной продуктивности водоемов необходим уровень 6,5–8,5 [18]. Следовательно, отмечаемая в настоящее время в водоеме слабощелочная среда является оптимальной для развития гидробионтов.

Содержание растворенного кислорода в воде водохранилища подвержено сезонной динамике, соответствующей биохимическим процессам, происходящим в водоеме (рис. 2).



Уменьшение содержания кислорода в летний период связано с увеличением температуры воздуха и с тепловым влиянием ТЭЦ, в сумме приводящими к интенсификации процессов биохимического разложения органических и окисления минеральных веществ. Тем не менее, уровень содержания растворенного кислорода в июле находится в пределах норматива качества воды для водных объектов рыбохозяйственного значения [18].

Условия функционирования водохранилища в период исследований отразились на продукции автохтонного органического вещества в экосистеме. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Первичная продукция планктона в апреле как в центральной, так и в литоральной зонах водохранилища была самой низкой – от 0,01 до 0,05 мгО<sub>2</sub>/л·сут (центр), от 0,03 до 0,04 мгО<sub>2</sub>/л·сут (литораль). Высокие продукционные возможности экосистемы в центральной и литоральной зонах обнаружены в июле в поверхностных горизонтах водной толщи

**Таблица 2.** Первичная продукция планктона

Харанорского водохранилища в 2019 г.

Table 2. The Kharanor Reservoir plankton primary production in 2019

Точки отбора проб	Горизонт	A, мгO <sub>2</sub> /л·сут)			R, мгO <sub>2</sub> /л·сут)		
		апрель	июль	октябрь	апрель	июль	октябрь
Центр	поверхность	0,05	3,92	0,12	0,30	1,28	0,17
	прозрачность	0,05	0,20	–	0	1,28	–
	придонный	0,01	0,09	0,23	0	0,78	0,33
Литораль	поверхность	0,04	3,53	0,11	0,31	0,88	0,57
	придонный	0,03	0	0,57	0,11	0,98	0,79

Примечание: A – продукция органического вещества; R – деструкция органического вещества.

(3,53 мгO<sub>2</sub>/л·сут – литораль; 3,92 мгO<sub>2</sub>/л·сут – центр). Образование органического вещества в направлении «поверхностный горизонт – придонные слои» в центральной зоне уменьшается, а в литоральной – прекращается. Уменьшение продукционных процессов в глубинных слоях водной толщи в центре водохранилища и прекращение в придонных слоях литоральной зоны водоема, с одной стороны, связано с конкурентной взаимосвязью по использованию питательных веществ организмами фитобентоса и фитоперифитона и деструкцией органического вещества микробным сообществом [19–21], с другой, с уменьшением прозрачности воды в июле 2019 г., поступлением аллохтонных веществ во время подкачки воды и, как следствие, преобладанием деструкции органического вещества над его продукцией (табл. 1).

В октябре прозрачность водной толщи увеличивается и достигает дна как в центральной, так и в литоральной зонах водохранилища (табл. 1). Поэтому в данных зонах пробы отбирали с двух горизонтов: поверхность и придонные слои. Осенью продукция органического вещества в поверхностном горизонте центральной зоны в разы уменьшается по сравнению с июлем, в придонных слоях – увеличивается. Аналогичная закономерность отмечается и в литоральной зоне водоема. Известно, что в сравнительно мелководных озерах с увеличением прозрачности возрастает вероятность переключения продукционных потоков от планктонных сообществ к бентосным и перифитонным. При этом уровень продуктивно-



сти экосистемы в целом не снижается, что не позволяет говорить о деэвтрофировании экосистем [21].

В экосистеме Харанорского водохранилища скорость дыхания планктонного сообщества в апреле намного превышала его продукцию весной и осенью, летом (июль) продукция планктона превышала деструкцию органического вещества в поверхностных горизонтах как в центральной, так и в литоральной зонах водохранилища (табл. 2). В толще воды с глубиной преобладал процесс окисления органического вещества в результате дыхания фотосинтезирующих организмов (процесс минерализации органического вещества планктонным сообществом). Результаты расчета суточной продукции органического вещества под  $m^2$  поверхности водохранилища представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Первичная продукция органического вещества под  $m^2$  поверхности Харанорского водохранилища  
Table 3. Primary production of the organic matter for  $m^2$  of the Kharanorsk reservoir surface

Показатель	Центральная зона			Литоральная зона		
	Апрель	Июль	Октябрь	Апрель	Июль	Октябрь
$\Sigma A, \text{гO}_2/\text{м}^2\cdot\text{сут}$	0,10	2,74	0,36	0,05	2,47	1,71
$\Sigma R, \text{гO}_2/\text{м}^2\cdot\text{сут}$	0,25	4,00	0,51	0,51	3,35	2,04
$\Sigma A, \text{гC}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$	0,03	1,03	0,14	0,02	0,93	0,64
$\Sigma A, \text{ккал}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$	0,11	3,61	0,49	0,07	3,26	2,24
$\Sigma \Sigma A_{(\text{год})}, \text{ккал}/\text{м}^2\cdot\text{год}$	421,0			557,0		

*Примечание:*  $\Sigma A, \text{гC}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$  – первичная продукция для вертикального столба воды сечением  $1 \text{ м}^2$  в сут;  $\Sigma A, \text{ккал}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$  – суммарная первичная продукция под  $1 \text{ м}^2$  акватории в сут, выраженная в количестве углерода и в калориях;  $\Sigma \Sigma A_{(\text{год})}$  – годовая первичная продукция.

Скорость суточной продукции органического вещества в центральной и литоральной зонах водохранилища самая высокая в июле, в октябре она снижается, но остается высокой по отношению к весенним показателям. Аналогичный характер сезонных изменений продукционных процессов в водоеме-охладителе Харанорской ГРЭС отмечен и в исследованиях 2000–2002 гг. [10].

Как и следовало ожидать, калорийность органического вещества в литорали выше по сравнению с центральной частью водохранилища. Прибрежные зоны водоемов наиболее подвержены воздействию внешних факторов и быстрому изменению абиотических показателей водной среды, влияющих на интенсивность гидробиологических процессов в силу нахождения раздела сред «вода – суша» и небольших глубин [22].

По соотношению интегральной первичной продукции и деструкции органического вещества в Харанорском водохранилище в 2019 г. как в центральной, так и в литоральной зонах планктонное сообщество экосистемы функционировало по гетеротрофному типу питания. Данная трактовка о соотношении  $\Sigma A / \Sigma R < 1$  представлена в работе [17]. Следовательно, в функционировании экосистемы Харанорского водохранилища высока роль притока аллохтонного органического вещества, привносимого с водами р. Онон. В настоящее время трофический уровень экосистемы водохранилища соответствует мезотрофному состоянию [23].

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований установлено, что также как и в 2000–2002 гг. в экосистеме Харанорского водохранилища отмечается летне-осенний пик продуктивности, связанный с обильной вегетацией фитопланктона. При усиленной подкачке воды из р. Онон для сохранения уровня режима водоема в условиях засушливого климата последних лет и при благоприятных погодных условиях (световой режим, малая облачность и повышенные температуры летнего периода) в будущем может начаться летнее «цветение» водохранилища. Кроме этого, в водах р. Онон, поступающих в водохранилище посредством подкачки, постоянно отмечались те или иные загрязняющие компоненты, в т. ч. биогенные элементы, обусловленные состоянием водосборной территории.

В данных условиях в целях уменьшения бурного развития планктонных водорослей необходимо продолжить рыбомелиоративные работы. Интродукция растительноядных рыб в водоем-охладитель Харанорской ГРЭС проводится с 2000 г. по настоящее время путем вселения пестрого толстолобика. Проведенные исследования могут быть использованы для последующих мониторинговых экологических наблюдений, а также для принятия управленческих решений по сохранению устойчивости экосистемы водохранилища.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Винберг Г.Г.* Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР, 1960. 329 с.
2. *Бульон В.В.* Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах. СПб: Наука, 1994. 222 с.
3. *Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М.* Продукционная гидробиология. СПб.: Наука, 2013. 339 с.
4. *Засыпкин П.Д., Ушакова О.С., Оболдина Г.А., Павлюк Т.Е.* Комплексный подход к оценке экологического благополучия водных экосистем // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 5. С. 86–100. DOI: 10.35567/1999-4508-2018-5-7.
5. *Кузьмина К.А., Кузьмина И.А., Кривина Е.С.* Оценка качества воды Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по состоянию зоопланктона // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 2. С. 90–106. DOI: 10.35567/1999-4508-2019-2-7.
6. *Лукьянова А.Н., Лукьянова О.Н., Ефимова Л.Е., Ефимов В.А.* Влияние природных и антропогенных факторов на качество воды в водоемах-охладителях (на примере оз. Гусиное) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 2. С. 146–142. DOI:10.35567/1999-4508-2020-2-10.
7. *Протасов А.А., Панасенко Г.А., Бабарига С.П.* Биологические помехи в эксплуатации энергетических станций, их типизация и основные гидробиологические принципы ограничения // Гидробиологический журнал. 2008. Т. 44(5). С. 36–54.
8. Атлас Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1997. 48 с.
9. Предбайкалье и Забайкалье (природные условия и естественные ресурсы СССР). М.: Наука, 1965. 492 с.
10. Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС и его жизнь. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 192 с.
11. *Афонин А.В., Афонина Е.Ю., Таишыкова 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 эффективности вселения растительоядных рыб // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Ярославль: Филлигрань, 2014. Т. 1. С. 115–118.
12. *Копылов А.И., Лазарева В.И., Минеева Н.М., Масленникова Т.С., Стройнов Я.В.* Влияние аномально высокой температуры воды на развитие планктонного сообщества водохранилищ Средней Волги летом 2010 г. // Доклады Академии Наук. 2012. Т. 442. № 1. С. 133–135.
13. *Vasconcelos V.* Eutrophication, toxic cyanobacteria and cyanotoxins: when ecosystems cry for help // *Limnetica*. 2006. Vol. 25. № 1/2. P. 425–432. <https://ddd.uab.cat/pub/limnetica/02138409v25n1-2/02138409v25n1-2p425.pdf>
14. *Винберг Г.Г.* Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера // К вопросу о балансе органического вещества. Сообщение 1. Иркутск, 1934.

15. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. Л., 1984. С. 17–19.
16. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова / В. Абакумов, В. Тальских, В. Попченко и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С. 320.
17. *Минеева Н.М.* Первичная продукция планктона как показатель состояния экосистемы Рыбинского водохранилища // Вода: химия и экология. 2013. № 3. С. 70–74.
18. Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.
19. *Пырина И.А., Ляшенко Г.Ф.* Многолетняя динамика продуктивности фитопланктона и высшей водной растительности и их роль в продуцировании органического вещества в зарастающем Ивановском водохранилище // Биология внутренних вод. 2005. № 3. С. 48–56.
20. *Stevenson R.J., Smol J.P.* Use of algae in environmental assessments // Freshwater Algae of North America, Ecol. and Classification / Wehr J. D., Sheath R. G. (eds.). San Diego: Academic Press, 2003. P. 775–804.
21. *Остапеня А.П.* Нарочанские озера: от эвтрофирования до бентификации // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: тез. докл. IV Междунар. науч. конф., 12–17 сент. 2011 г. Минск: Изд. центр БГУ, 2011. 254 с.
22. Литоральная зона Ладожского озера. СПб: Нестор-История, 2011. 416 с.
23. *Бульон В.В.* Первичная продукция и трофическая классификация водоемов // Метод. рекоменд., Изучение первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб: Гидрометеиздат, 1993. 150 с.

*Для цитирования:* Цыбекмитова Г.Ц., Исследование экосистемы Харанорского водохранилища по результатам оценки первичной продукции планктона // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. № 1. С. 42–54.

**Сведения об авторе:**

**Цыбекмитова Гажит Цыбекмитовна**, канд. биол. наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (ИПРЭК СО РАН), 672014, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а, e-mail: gazhit@bk.ru

## RESEARCHES OF THE KHARANORSK RESERVOIR ECOSYSTEM ACCORDING TO THE OUTCOMES OF THE PLANKTON PRIMARY PRODUCTION ASSESSMENT

**Gazhit Ts. Tsybekmitova**

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

**Abstract:** This article presents the results of the assessment of production and destruction processes in the ecosystem of the Kharanorsk reservoir-cooler, used as a cooling pond of the Kharanorsk hydroelectric power station. The content of dissolved oxygen in the water of the reservoir is subject to seasonal dynamics corresponding to biochemical processes occurring in the reservoir. In spring and autumn, the concentration of dissolved oxygen is in the range from 12.6 to 14.2 mg / L. We attribute the decrease in oxygen content in the summer month to 9.6 mg / L with an increase in air temperature and with the thermal effect of thermal power plants, which in total lead to an intensification of the processes of biochemical decomposition of organic and oxidation of mineral substances. High production capabilities of the ecosystem in both the central and littoral zones were found in July in the surface horizons of the water column (3.53 mgO<sub>2</sub> / L – littoral; 3.92 mgO<sub>2</sub> / L – center). The formation of organic matter in the direction “surface horizon - bottom layers” of the water column in the central zone decreases due to a decrease in the transparency of the water column. The cessation of the production of organic matter by phytoplankton in the bottom layers of the littoral zone we associate with the competitive relationship of bottom organisms in the use of nutrients. It has been established that the rate of daily production increases from April to July and begins to fall in October, but remains high relative to spring indicators in both the central and littoral zones of the reservoir.

The studies are necessary for subsequent environmental monitoring studies, as well as for making managerial decisions to maintain the sustainability of the reservoir ecosystem.

**Key words:** Kharanorsk reservoir-cooler, Trans-Baikal Kray, cooling pond, hydroelectric power station, aquatic ecosystem, plankton production, organic matter destruction.

**Financing:** The work has been done in the framework of the “Bio/diversity of natural and natural/technogenic ecosystems of the Trans-Baikal Region (Central Asia) as an indicator of the regional climate changes dynamics” No. № AAAA-A17-117011210078-9 governmental assignment of the Russian Academy of Sciences Siberian branch Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology.

### **About the author:**

Gazhit Ts. Tsybekmitova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS (INREC SB RAS), Nedorezova, 16a, Chita, 672014, Russia; e-mail: gazhit@bk.ru

**For citation:** *G.T. Tsybekmitova Researches of the Kharanorsk Reservoir Ecosystem According to the Outcomes of the Plankton Primary Production Assessment // Water Sector of Russia. 202. No. 1. Pp. 42–54.*

### **REFERENCES**

1. Protasov A.A., Panasenko G.A., Babariga S.P. Biologicheskie pomekhi v ekspluatatsiyi energeticheskikh stantsij, ikh tipizatsiya i osnovnye gidrobiologicheskie printsipy ogranicheniya [Biological obstacles in operation of power plants, their typification and the main hydro/biological principles of organization] // *Gidrobiologicheskij zhurnal*. 2008. Vol. 44 (5). P. 36–54.

2. *Vinberg G.G.* Pervichnaya produktsiya vodoemov. [Primary production of water bodies]. Minsk: Izd-vo AN BSSR, 1960. 329 p.
3. *Bulyon V.V.* Zakonomernosti pervichnoy produktsiyi v limnicheskikh ekosistemakh [Regularities of primary production in lacustrine ecosystems]. SPb: Nauka, 1994. 222 s.
4. Atlas Chitinskyj oblasti i Aginskogo Buryatskogo avtonomnogo okruga [Atlas of Chita Oblast and Aginsk-Buryat Autonomous District]. M.: Federa'naya sluzhba geodeziyi i kartografii Rossii, 1997. 48 p.
5. Predbajkalye i Zabajkalye (prirodnye usloviya i estestvennye resursy SSSR) [Baikal and Trans-Baikal Regions (natural conditions and natural resources of the USSR)]. M.: Nauka, 1965. 492 p.
6. Vodoem-ohladiatel' Kharanorskoy GRES i ego zhizn' [Cooling reservoir of the Kharanorsk Hydro POverPlant and its life]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2005. 192 p.
7. *Afonin A.V., Afonina E.Y., Tashlykova N.A., Gorlacheva E.P., Cybekmitova G.C., Kuklin A.P., Bazarova B.B., Saltanova N.V.* Sovremennoe sostojanie ekosistemy vodoema-ohladiatelja Haranorskoy GRJeS i ocenka effektivnosti vseleniya rastitelnoyadnyh ryb [Current state of the Kharanorsk Hydro Power Plant cooling reservoir ecosystem and assessment of the effectiveness of phytivorous fish introduction] // Antropogennoe vlijanie na vodnye organizmy i jekosistemy. – Jaroslavl': Filigran', 2014. Vol. 1. S. 115–118.
8. *Kopylov A.I., Lazareva V.I., Mineeva N.M., Maslennikova T.S., Strojnov Y.V.* Vlijanie anomal'no vysokoj temperatury vody na razvitie planktonnogo soobshhestva vodohranilishh Srednej Volgi letom 2010 g. [The water abnormal high temperature impact on plankton community development of the Middle Volga reservoirs during the 2010 summer] // Doklady Akademii Nauk. 2012. Vol. 442. № 1. P. 133–135.
9. *Vasconcelos V.* Eutrophication, toxic cyanobacteria and cyanotoxins: when ecosystems cry for help // *Limnetica*. 2006. Vol. 25. № 1/2. P. 425–432. <https://ddd.uab.cat/pub/limnetica/02138409v25n1-2/02138409v25n1-2p425.pdf>
10. *Vinberg G.G.* Opyt izucheniya fotosinteza i dykhaniya v vodnoy masse ozera [Experience in studying of photosynthesis and breathing in a lake water mass] // K voprosu o balanse organicheskogo veshhestva. Soobshhenie 1. Irkutsk, 1934.
11. *Alimov A.F., Bogatov V.V., Golubkov S.M.* Produktsionnaya gidrobiologiya [Production hydro/biology]. SPb.: Nauka, 2013. 339 p.
12. Metodicheskie rekomendatsiyi po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Fitoplankton i yego produktsiya [Methodical recommendations on collection and processing of materials in hydro/biological researches on fresh water bodies. Phytoplankton and its production]. L., 1984. P. 17–19.
13. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Guidelines on hydro/biological monitoring of fresh water ecosystems] / pod red. V.A. Abakumova / V. Abakumov, V. Tal'skih, V. Popchenko i dr. SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. p. 320.
14. *Mineyeva N.M.* Pervichnaya produktsiya planktona kak pokazatel sostoyaniya ekosistemy Rybinskogo vodokhranilishcha [Plankton primary production as an indicator of the Rybinsk Reservoir ecosystem status] // Voda: khimiya i ekologiya. 2013. № 3. P. 70–74.
15. Perechen' rybohozjaystvennyh normativov predel'no-dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnykh urovnej vozdeystvija (OBUV) vrednyh veshhestv dlja vody vodnyh obyektov, imeyushhih rybohozjaystvennoe znachenie [The list of fishery norms of maximal permissible concentration (MPC) and tentative safe levels of the pollutants impact for fishery water bodies]. M.: VNIRO, 1999. 304 p.

16. *Pyrina I.L., Ljashenko G.F.* Многолетняя динамика продуктивности фитопланктона и высшей водной растительности и их роль в продуцировании органического вещества в зарастающем Иван'ковском водохранилище [The many-year phytoplankton and supreme aquatic vegetation productivity dynamics and their role in production of organic matter in overgrowing Ivankovsk Reservoir] // *Биология внутренних вод.* 2005. № 3. P. 48–56.
17. *Stevenson R. J., Smol J. P.* Use of algae in environmental assessments // *Freshwater Algae of North America, Ecol. and Classification* / Wehr J. D., Sheath R. G. (eds.). San Diego: Academic Press, 2003. P. 775–804.
18. *Ostapenja A.P.* Нарочанские озера: от евтрофикации до бентификации [The Lakes Narochinsk: from eutrophication to benitification] // [Озерные экосистемы: биологический процесс, антропогенная трансформация, качество воды: тез. докл. IV Междунар. науч. конф., 12–17 сент. 2011 г., Минск: Изд. центр БГУ, 2011. 254 p.
19. Litoralная зона Ладозжского озера [The Lake Ladoga intertidal zone]. SPb: Nestor-Istoriya. 2011. 416 p.
20. *Bulyon V.V.* Первичная продукция и трофическая классификация водоемов [Primary production and trophic classification of water bodies]// *Методические рекомендации. Изучение первичной продукции планктона внутренних водоемов.* SPb: Гидрометеиздат. 1993. 150 p.