



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 228–234
Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 228–234

Научная статья

УДК 556.531:556.551

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-2-228-234>

Первичная продукция планктона озера Кенон (Забайкальский край, Россия)



Г. Ц. Цыбекмитова

Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения РАН (ИПРЭК СО РАН), Россия, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а

Цыбекмитова Гажит Цыбекмитовна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории водных экосистем, gazhit@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6034-820X>

Аннотация. Озеро Кенон – внутригородской природно-техногенный водоем амурского бассейна, имеющий рекреационное и рыбохозяйственное значение. Современное состояние озера обусловлено воздействием ТЭЦ-1, застроенных территорий, железно-дорожных и автомобильных магистралей, расположенных в пределах водосборной площади. С момента использования озера для технических целей теплоэнергетики существенно изменился гидрохимический состав воды. Трансформировался состав главных ионов – из гидрокарбонатно-натриевого в сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциево-магниевый. Происходит накопление тяжелых металлов в донных отложениях озера. Представленные в статье результаты основаны на материалах полевых исследований и на сравнительном анализе предшествующих публикаций. Первичную продукцию планктона в воде озера изучали методом «склянок» в кислородной модификации. За исследованное время в основном деструкция органического вещества в экосистеме оз. Кенон имеет тенденцию превышения над интенсивностью фотосинтеза, что согласуется с ранними исследованиями. В центральной зоне при полном смешивании водоема, как отмечено в июне 2015 г., как продукция, так и деструкция органического вещества уменьшаются ко дну водоема. При этом их скорости практически сравниваются в области прозрачности водной толщи. При дальнейшем увеличении прогрева водных масс (август 2015 г.) продукция превышает деструкцию органического вещества в верхних горизонтах воды. В силу сравнительно небольшого термального участка (10 % от площади водоема) в целом продукционно-деструкционные процессы в озере Кенон находятся в пределах экологической емкости экосистемы. Полученные A/R соотношения за продолжительный период исследований указывают, что экосистема справляется с воздействием техногенной нагрузки. **Ключевые слова:** первичная продукция планктона, озеро Кенон, природно-техногенный водоем, соотношения продукции и деструкции органического вещества

Благодарности: Исследование выполнено в рамках федеральной исследовательской программы (проект IX.137.1).

Для цитирования: Цыбекмитова Г. Ц. Первичная продукция планктона озера Кенон (Забайкальский край, Россия) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 2. С. 228–234. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-2-228-234>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Article

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-2-228-234>

Phytoplankton primary production in the lake Kenon (Zabaykalsky krai, Russia)

G. Ts. Tsybekmitova

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology Siberian Branch of Russian Academy Science (INREC SB RAS), 16a Nedorezova St., Chita 672014, Russia

Gazhit Ts. Tsybekmitova, gazhit@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6034-820X>

Abstract. Located in the Amur watershed, Lake Kenon is an urban reservoir that hosts recreational and commercial fishery activity. The current status of the lake is connected with the Chita Thermal Power Plant No 1, the basin's human population, and the density of railways as well as highways within the basin. From the start of the thermal power plant's operation, the reservoir's ion composition significantly changed from largely sodium and bicarbonate species to sulfate, bicarbonate, chloride, sodium, calcium, and magnesium chemical species. Additionally, heavy metals have been accumulating in Kenon's sediment. The results presented in this article are based on field measurements and comparative analysis with previous studies. Primary production was calculated using a light-dark bottle method. During the study period, current evidence corroborated previous investigations that respiration and decomposition rates generally tend to exceed photosynthesis rates. As noted in June 2015, in the cent of the lake where complete mixing occurs, primary production as well as respiration decreases with depth in the water column. With increased warming since August 2015, primary production exceeded respiration in upper



layers. Considering the lake's relatively small area for thermal fluxes (10% of the lake's surface area), production-respiration processes are within Lake Kenon's ecological capacities. The observed photosynthesis-respiration ratios from long-term study suggest that the system is resilient to the current anthropogenic load.

Keywords: Phytoplankton primary production, Lake Kenon, natural and technogenic reservoir, photosynthesis-respiration ratios

Acknowledgments: The study is performed within the framework of the Federal research program (project IX.137.1).

For citation: Tsybekmitova G. Ts. Phytoplankton primary production in the lake Kenon (Zabaykalsky krai, Russia). *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2021, vol. 21, iss. 2, pp. 228–234. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-2-228-234>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

Озеро Кенон является пресноводным водоемом бассейна р. Амур (52°02'19" с.ш., 113°22'50" в.д.). Площадь водного зеркала – 16 км², средняя глубина – 4,4 м, наибольшая глубина – 6,8 м; площадь водосбора – 227 км² [1]. Современное состояние экосистемы оз. Кенон определяется комплексом природных и антропогенных факторов. В 1965 г. на его берегу была построена гидроэлектростанция, в последующем преобразованная в теплоэлектроцентраль (ТЭЦ-1), с тех пор вода оз. Кенон используется в производственных целях (охлаждение турбин, транспортировка золошлаковых отходов). За время эксплуатации ТЭЦ-1 фильтрационные воды золоотстойника с широким спектром тяжелых металлов загрязняют как водосбор оз. Кенон, так и прямым потоком поступают в водоём [2]. Среднегодовая минерализация воды в 1950-х гг. соответствовала 420 мг/л, а к настоящему времени увеличилась до 588 мг/л. В результате фильтрации техногенных вод золоотвала природный гидрокарбонатно-натриевый гидрохимический состав вод озера преобразовался в трехкомпонентный – сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциево-магниевый [3]. В донных отложениях оз. Кенон вблизи ТЭЦ-1 зарегистрированы наиболее высокие концентрации Zn, As, Mo, Pb, Cd [4]. В связи с использованием озера как водоема-охладителя ТЭЦ-1 изменился его естественный температурный режим. В месте сброса теплых вод образовался «термальный участок», не замерзающий в зимнее время [5]. Исследования 1972–1974 гг. [6] указывают, что зимой происходят значительные колебания концентрации минеральных форм биогенных веществ в связи с нарушением режима сезонных внутриводоемных процессов.

В то же время оз. Кенон является внутригородским водоемом. Экологическое состояние оз. Кенон имеет важное значение для рыбохозяйственного и рекреационного использования водоема, что, в свою очередь, зависит от функционирования водной экосистемы и сохранения биологического разнообразия. Техногенная нагрузка, кроме воздействий ТЭЦ-1, дополняется антропогенной нагрузкой от заселенных территорий,

железнодорожных и автомобильных магистралей, расположенных в пределах водосборной площади.

Начало изучения первичной продукции фитопланктона оз. Кенон положено гидробиологами Забайкальской комплексной экспедиции Лимнологического института Сибирского отделения Академии наук СССР (ЛИН СО АН СССР) под руководством Б. А. Шишкина в 1970–1972 гг. [7–9]. В последующем исследования проводились Читинским институтом природных ресурсов (ЧИПР) СО РАН [10, 11]. С 2010 г. и по настоящее время эпизодические рекогносцировочные исследования проводят сотрудники лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН.

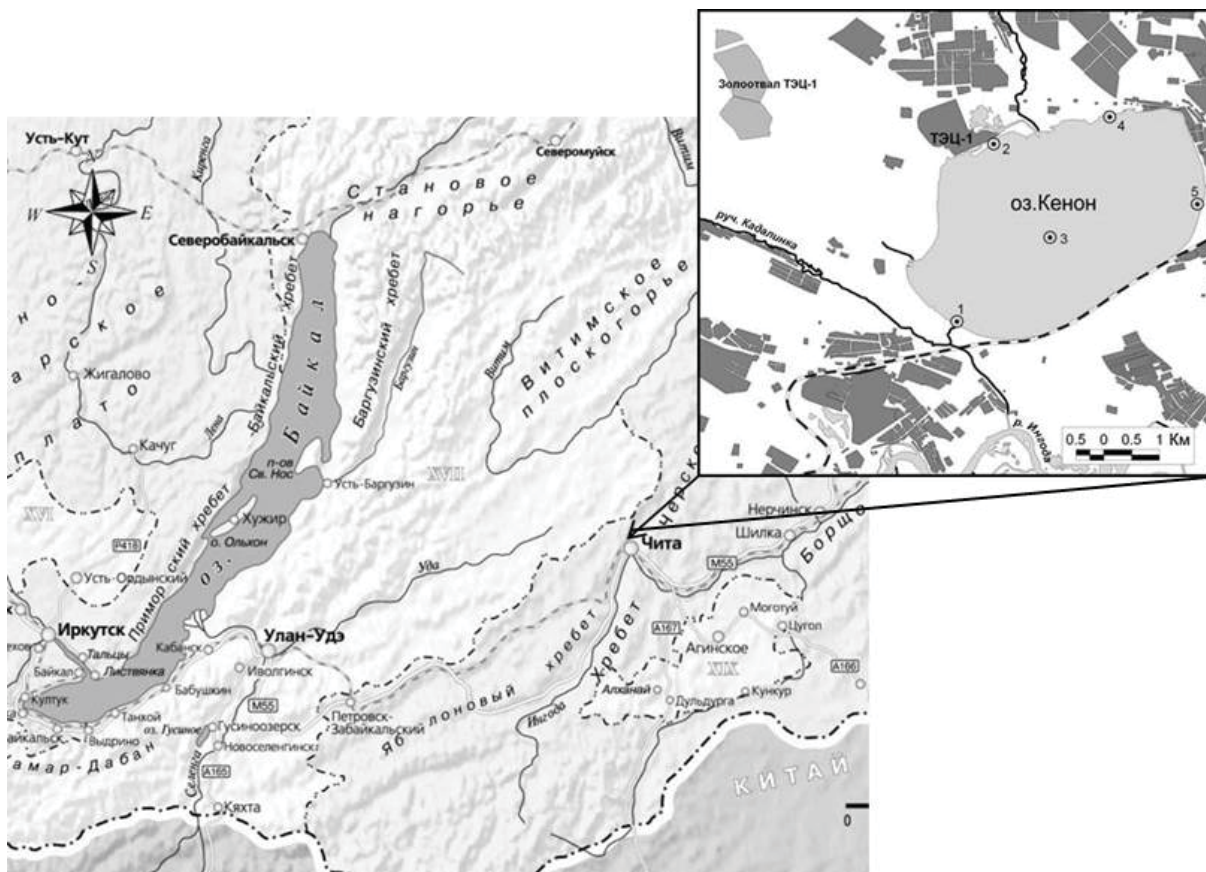
Оценка образования и разложения органического вещества в водных экосистемах, особенно с давлением антропогенной нагрузки, чрезвычайно важна. Изменения в структурно-функциональной организации водных экосистем могут привести к ослаблению процессов самоочищения, осадконакоплению и увеличению трофического статуса водоемов [12–14].

Цель работы – дать современную оценку первичной продукции планктона экосистемы оз. Кенон.

Материалы и методы

Представленные в статье материалы основаны на результатах полевых исследований 2015 и 2019 гг. Сбор материала проводили на постоянных станциях отбора проб (рисунок). Для этого на каждой станции придерживались следующей схемы горизонтальной съемки: поверхность – 0,5 прозрачности – прозрачность – дно. Так как водоем неглубокий, то 1,5 прозрачности практически соприкасается с дном. Отбор воды с каждого горизонта выполняли батометром Паталаса. Прозрачность воды учитывали с помощью диска Секки.

Первичную продукцию планктона в воде озера определяли методом «склянок» в кислородной модификации [15–17]. Для этого светлую и темную склянки экспонировали на определенном горизонте в течение 24 часов. Расчеты первичной продукции и деструкции органического вещества в водоеме проводили согласно [18], суточной



Район работ и точки постановки экспериментов в оз. Кенон: 1 – Кадалинка, 2 – ТЭЦ-1, 3 – центр, 4 – КСК, 5 – нефтебаза
The area of works and points of setting experiments in the Lake Kenon: 1 – Kadalinka, 2 – TPP-1, 3 – central, 4 – KSK, 5 – neftebaza

продукции – по [13]. Суммированием суточной продукции и деструкции отдельных станций определялась суммарная среднесуточная продукция и деструкция органического вещества всего водоема за определенный месяц.

Результаты и их обсуждение

Представленные в табл. 1 результаты показывают, что деструкция органического вещества (ОВ) зачастую преобладает над интенсивностью фотосинтеза. В центральной зоне при полном смешивании водоема, как отмечено в июне 2015 г., как продукция, так и деструкция ОВ уменьшаются ко дну водоема.

При этом скорости фотосинтеза (A) и дыхания (R) практически сравниваются в области прозрачности водной толщи. При дальнейшем увеличении прогрева водных масс (август 2015 г.) $A > R$ в верхних горизонтах воды. Увеличение фотосинтетической активности синезеленых водорослей с возрастанием температуры выше 20°C показано в работе [19]. Отмеченные изменения в продукционно-деструкционных процессах в центральной

зоне оз. Кенон согласуются с результатами 1986 г. [10]. Воздействие ТЭЦ-1 в летнее время проявилось в августе 2015 г. в районе, приближенном к сбросу сточных вод (станция отбора проб «ТЭЦ»), когда была обнаружена минимальная продукция ОВ по сравнению с центральной зоной, где $A > R$ в поверхностном продуктивном горизонте водной толщи.

В литоральной зоне оз. Кенон (станция Кадалинка) в августе 2015 г. в поверхностных горизонтах водной толщи, так же как и в центральной зоне, продукция ОВ преобладала над его деструкцией. Летом 2019 г. в связи с засушливым периодом ТЭЦ-1 увеличил подкачку воды из р. Ингода. В результате глубина на постоянной центральной станции в 2019 г. по сравнению с 2015 г. увеличилась от 5,1 до 6,1 м. При этом произошло затопление прибрежной зоны водоема. Вследствие этого на станции «КСК» в 2019 г. как продукция, так и деструкция ОВ увеличиваются от поверхности к придонному слою водной толщи и на глубине устанавливается соотношение $A > R$, что связано со свойствами литоральных

Первичная продукция планктона и разложение органического вещества в экосистеме оз. Кенон
Primary plankton production and respiration in the ecosystem of the Lake Kenon

| Наименование станций, горизонт, м / Name stations, horizon, m | Дата отбора пробы / Sampling date | Т, °С | Продукция, мгО ₂ /л·сутки / Production, mg O ₂ l ⁻¹ d ⁻¹ | Деструкция, мгО ₂ /л·сутки / Respiration, mg O ₂ l ⁻¹ d ⁻¹ | A/R | |
|---|---|------------|---|---|------|------|
| | | | A | R | | |
| Центр, глубина 5.1 м / Central, depth 5.1 m | 0 | 25.04.2013 | 0.4 | 0.11 | 0.34 | 0.19 |
| | 3.2* | | 3.6 | 0.11 | 0.46 | |
| | 5.0 | | 3.8 | 0 | 0.35 | |
| | 0 | 04.06.2015 | 14.6 | 0.35 | 1.30 | 0.17 |
| | 4.5* | | 14.6 | 0.10 | 0.90 | |
| | 5.0 | | 14.6 | 0.05 | 0.80 | |
| | 0 | 05.08.2015 | 21.4 | 1.84 | 1.71 | 0.58 |
| | 3.0* | | 21.2 | 0.22 | 1.06 | |
| | 5.0 | | 21.0 | 0 | 0.76 | |
| Центр, глубина 6.4 м / Central, depth 6.4 m | 0 | 03.08.2019 | 21.5 | 1.10 | 1.10 | 0.46 |
| | 4.5* | | 21.5 | 0.22 | 1.10 | |
| | 6/0 | | 21.0 | 0 | 0.66 | |
| ТЭЦ, глубина 4.0 м / TRP, depth 4.0 m | 0 | 04.06.2015 | 14.6 | 0.05 | 1.25 | 0.06 |
| | 3.9 | | 14.6 | 0.1 | 1.20 | |
| | 0 | 05.08.2015 | 23.1 | 0.05 | 1.06 | |
| | 3.9 | | 21.8 | 0 | 0.11 | |
| Кадалинка, глубина 3.1 м / Kadalinka, depth 3.1 m | 0 | 04.06.2015 | 14.7 | 0.15 | 1.30 | 0.12 |
| | 3.0 | | 14.7 | 0.3 | 2.40 | |
| | 0 | 05.08.2015 | 22.5 | 1.73 | 0.98 | 0.87 |
| | 3.0 | | 21.0 | -0.11 | 1.08 | |
| КСК, глубина 4.0 м / KSK, depth 4.0 m | 0 | 03.08.2019 | 22.0 | 0.11 | 0.88 | 1.11 |
| | 3.8 | | 21.5 | 2.09 | 1.10 | |

Примечание: * – область прозрачности, измеренная по диску Секки; A – продукция, R – деструкция.

Note: * – area of transparency, measured by the Secchi disk; A – production, R – respiration.

зон. Литоральная зона водоемов, являясь границей сред «вода–суша», выступает в качестве экологического барьера, преобразовывая влияние внешних факторов за счет высокой биологической продуктивности [20]. Отличительной особенностью ситуации 2019 г. в оз. Кенон является то, что ОВ не поступали извне, а представляли процессы, происходящие внутри водоема за счет разложения растительности затопленной прибрежной зоны.

Очень важным для оценки самоочищения водоемов является значение отношения скорости продукции к скорости деструкции ОВ. Если это отношение <1, считается, что система способна к самоочищению и справляется с оказываемыми на нее нагрузками; если >1, то система продуцирует ОВ больше, чем способна его разложить [21]. Исследования оз. Кенон в 2015 и в 2019 гг. показали, что в зависимости A/R в основном нет



положительного баланса. В 2019 г. на станции отбора проб «КСК» соотношение A/R имеет положительный баланс (1,11), что свидетельствует о поступлении в водоем растворенного органического вещества с затопленных территорий береговой зоны.

Сравнительная характеристика соотношений A/R за различные периоды исследований представлена в табл. 2.

В 1970–72 гг. в центре озера продукция ОВ составляла 122–178 гС/м³ и соотношение A/R соответствовало 0,75 [7, 8, 22]. Последующие исследования показали, что за период с 1970 по 1986 г. произошла интенсификация процессов образования ОВ в 2,6 раза. Деструкция возросла в 5 раз, но в целом увеличение продукционно-деструкционных процессов не привело к положительному балансу [11].

Таблица 2 / Table 2

Отношения продукции к деструкции в летние месяцы
The relationship of photosynthesis-respiration ratios in the summer months

| Годы / Years | A/R | Авторы / Authors |
|--------------|-----------|--|
| 1970–1972 | 0.75 | Шишкин и др., 1972, Шишкин, Локоть, 1973 / Shishkin et al., 1972, Shishkin, Lokot', 1972 |
| 1970–1986 | 0.25–0.45 | Оглы, 1998 / Ogly, 1998 |
| 2010 | 0.15–0.45 | Наши данные / Our data |
| 2015 | 0.12–0.58 | Наши данные / Our data |
| 2019 | 0.46–1.11 | Наши данные / Our data |

Исследования ИПРЭК СО РАН, проведенные в летний период 2010 г., показали, что самая высокая продукция ОВ отмечалась в августе и составляла 255 гС/м³. В этот период наивысшие значения фотосинтеза отмечались в поверхностных пробах (0,4–0,7 мгО₂/л·сут).

Соотношения A/R , полученные в результате исследований 2015 и 2019 гг., находятся в пределах ранее полученных результатов. Положительное соотношение A/R в литоральной зоне оз. Кенон (КСК) в августе 2019 г. явилось результатом воздействия ТЭЦ-1 для регулирования уровня водоема. В целом отношение A/R в пределах экологической емкости водоема.

Заключение

За исследованное время деструкционные процессы в оз. Кенон имеют тенденцию превышения над интенсивностью фотосинтеза. В целом продукционно-деструкционные процессы в озере Кенон в пределах экологической емкости экосистемы. Работа [22, с. 36] показывает, что «ежегодное эвтрофирующее влияние ГРЭС на озеро, по-видимому, невелико в силу сравнительно небольших размеров термального участка (менее 10 % площади озера), но при длительной эксплуатации озера может оказать существенное отрицательное влияние на качество вод. В связи с этим разработка способов снижения ПП озера является весьма актуальной». Проведенный сравнительный анализ отношений A/R за продолжительный период времени подтверждает выводы

Б. А. Шишкина [23] о сравнительно небольшом термальном влиянии ТЭЦ-1. Полученные отношения $A/R < 1$ указывают на то, что система способна к самоочищению и справляется с оказываемыми на нее нагрузками. Лишь в августе 2019 г. данное соотношение в литоральной зоне озера составило >1 вследствие интенсивного процесса подкачки воды и искусственного поднятия уровня водоема. Следовательно, соблюдение уровня режима озера необходимо проводить равномерно, а не скачкообразно, чтобы не допустить массового поступления в водоем продуктов разложения прибрежной растительности.

Список литературы

1. Чечель А. П., Цыганок В. И. Физико-географические условия и уровень режим оз. Кенон // Экология городского водоема / отв. ред. О. М. Кожова, М. Ц. Итигилова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. С. 5–13.
2. Цыбекмитова Г. Ц. Качество фильтрационных вод золошлакоотвала ТЭЦ-1 и возможные пути их поступления в оз. Кенон (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2016. № 2. С. 11–17.
3. Усманова Л. И. Гидрогеохимическая характеристика вод зоны влияния гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1 // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 166–172.
4. Tsybekmitova G. Ts., Kuklin A. P., Tsyganok V. I. Heavy metals in bottom sediments of Lake Kenon (The Trans-Baikal Territory, Russia) // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2019. Vol. 103, № 3, iss. 2. P. 286–291. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02645-7>



5. Экология городского водоема / О. М. Кожова, М. Ц. Итигилова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. 260 с.
6. Иванов А. В., Трофимова Л. Н. Гидрохимия озер Центрального Забайкалья. Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1982. 140 с.
7. Шишкин Б. А. Региональные особенности озерных экосистем Забайкалья. СПб. : Изд-во Зоол. ин-та РАН, 1993. 113 с.
8. Шишкин Б. А., Локоть Л. И. Режим биогенных элементов и продукция фитопланктона озера Кенон // Лимнологические исследования в Забайкалье / отв. ред. А. И. Сидиков, Б. А. Шишкин. Чита : Ред.-изд. сектор Забайкальского филиала геогр. о-ва СССР, 1973. С. 29–48.
9. Шишкин Б. А., Мизандронцев И. В., Курбатова Г. П., Лейбович Л. З., Береза Е. Ф. Основные черты гидрохимического режима озера Кенон // Лимнологические исследования в Забайкалье / отв. ред. А. И. Сидиков, Б. А. Шишкин. Чита : Ред.-изд. сектор Забайкальского филиала геогр. о-ва СССР, 1973. С. 13–27.
10. Оглы З. П. Водоросли внутриконтинентальных водных экосистем: состав, структура и функционирование (на примере Восточного Забайкалья) : автореф. ... д-ра биол. наук. Улан-Удэ, 2009. 42 с.
11. Оглы З. П. Фитопланктон и первичная продукция // Экология городского водоема / отв. ред. О. М. Кожова, М. Ц. Итигилова. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. С. 44–68.
12. Винберг Г. Г. Первичная продукция водоемов. Минск : Изд-во АН БССР, 1960. 329 с.
13. Бульон В. В. Первичная продукция и трофическая классификация водоемов // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов : сб. ст. / отв. ред. И. Л. Пырина. СПб. : Гидрометеоздат, 1993. С. 147–157.
14. Mineeva N. M., Bikbulatova E. M. The contribution of primary production to the overall organic matter pool in Volga reservoirs // Water Resources. 2008. Vol. 35, № 5. P. 562–569. <https://doi.org/10.1134/S0097807808050072>
15. Винберг Г. Г. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. Сообщение 1 // Тр. лимнол. ст. в Косине. Минск : Изд-во Белорус. ун-та, 1934. Т. 18. С. 5–24.
16. Бульон В. В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. 150 с.
17. Алимов А. Ф., Богатов В. В., Голубков С. М. Продукционная гидробиология. СПб. : Наука, 2013. 339 с.
18. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция / сост. Г. М. Лаврентьева. Л. : Гидрометеоздат, 1984. 32 с.
19. Belova S. L., Kremenetskaya E. R. The effect of water level variations on production-destruction processes in the Mozhaisk Reservoir // Water Resources. 2010. Vol. 37, № 6. P. 807–816. <https://doi.org/10.1134/S0097807810060060>
20. Курашов Е. А., Распопов И. М., Андроникова И. Н. Введение. Литоральная зона // Литоральная зона Ладожского озера / под ред. Е. А. Курашова. СПб. : Нестор-История, 2011. С. 10–19.
21. Одум Ю. П. Основы экологии. М. : Мир, 1975. 740 с.
22. Шишкин Б. А., Стиглазова Г. Н., Локоть Л. И. Первичная продукция озера Кенон // Термический режим и биология озера Кенон (водоема-охладителя Читинской ГРЭС) / отв. ред. А. И. Сизиков, Б. А. Шишкин. Чита : Ред.-изд. сектор Забайкальского филиала Геогр. об-ва СССР, 1972. С. 24–37.
23. Шишкин Б. А. Место подледного периода в годовом режиме биогенных элементов озера Кенон – водоема-охладителя Читинской ГРЭС. Чита : Ред.-изд. сектор Забайкальского филиала Геогр. о-ва СССР, 1972. С. 12–23.

References

1. Chechel' A. P., Tsyganok V. I. Physical and geographical conditions and level regime of the Lake Kenon. In: *Ekologiya gorodskogo vodoema*, отв. ред. О. М. Кожова, М. Ц. Итигилова [O. M. Kozhova, M. Ts. Itigilova, eds. Ecology of an Urban Reservoir]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 1998, pp. 5–13 (in Russian).
2. Tsybekmitova G. Ts. Filtration water quality of ash dump TPP-1 and possible ways of their stream into the Lake Kenon (Zabaikalsky Krai). *Water: Chemistry and Ecology*, 2016, no. 2, pp. 11–17 (in Russian).
3. Usmanova L. I. Hidrogeochemical characteristics of the waters of influenced zone of the Chita TPP-1 ash dump. *Advances in Current Natural Sciences*, 2019, no. 11, pp. 166–172 (in Russian).
4. Tsybekmitova G. Ts., Kuklin A. P., Tsyganok V. I. Heavy metals in bottom sediments of Lake Kenon (The Transbaikalian Territory, Russia). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2019, vol. 103, no. 3, iss. 2, pp. 286–291. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02645-7>
5. *Ekologiya gorodskogo vodoema*, отв. ред. О. М. Кожова, М. Ц. Итигилова. [O. M. Kozhova, M. Ts. Itigilova, eds. Ecology of an Urban Reservoir]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 1998. 260 p. (in Russian).
6. Ivanov A. V., Trofimova L. N. *Gidrohimiya ozer Central'nogo Zabajkal'ya* [Hydrochemistry of Lakes in Central Transbaikalia]. Vladivostok, Dal'nevostochnoe knizhnoe izd-vo, 1982. 140 p. (in Russian).
7. Shishkin B. A. *Regional'nye osobennosti ozernykh ekosistem Zabajkal'ya* [Regional Features of Lake Ecosystems in Transbaikalia]. Dis. Dr. Sci. (Biol.). Saint Petersburg, Izd-vo Zool. in-ta RAN, 1993. 113 p. (in Russian).
8. Shishkin B. A., Lokot' L. I. Regime of biogenic elements and phytoplankton production of Lake Kenon. In: *Limnologicheskie issledovaniya v Zabajkal'e* [Limnological Research in Transbaikalia]. Chita, Redakcionno-izdatel'skij sektor Zabajkal'skogo filiala geograficheskogo obshchestva SSSR, 1973, pp. 29–48 (in Russian).
9. Shishkin B. A., Mizandroncev I. V., Kurbatova G. P., Lejbovich L. Z., Berеза E. F. The main features of the hydrochemical regime of Lake Kenon. In: *Limnologicheskie issledovaniya v Zabajkal'e* [Limnological Research



- in Transbaikalia]. Chita, Redakcionno-izdatel'skij sektor Zabajkal'skogo filiala geograficheskogo obshchestva SSSR, 1973, pp. 13–27 (in Russian).
10. Ogly Z. P. *Vodorosli vnutrikontinental'nyh vodnyh ekosistem: sostav, struktura i funkcionirovanie (na primere Vostochnogo Zabajkal'ya)* [Algae of Intracontinental Aquatic Ecosystems: Composition, Structure and Functioning (on the Example of Eastern Transbaikalia)]. Thesis Diss. Sci. (Biol.). Ulan-Ude, 2009. 42 p. (in Russian).
 11. Ogly Z. P. Phytoplankton and primary production. In: *Ekologiya gorodskogo vodoema, otv. red. O. M. Kozhova, M. Ts. Itigilova* [O. M. Kozhova, M. Ts. Itigilova, eds. Ecology of an Urban Reservoir]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 1998, pp. 44–68 (in Russian).
 12. Vinberg G. G. *Pervichnaya produkcija vodoemov* [Primary Production in Water Bodies]. Minsk, Izd-vo AN BSSR, 1960. 329 p. (in Russian).
 13. Bul'on V. V. Primary production and trophic classification of reservoirs. In: *Metodicheskie voprosy izucheniya pervichnoj produkcii planktona vnutrennih vodoemov: sb. st., otv. red. I. L. Pyrina* [I. L. Pyrina, ed. Methodological Problems of Studying the Primary Production of Plankton Inland Waters: Coll. Arts.]. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1993, pp. 147–157 (in Russian).
 14. Mineeva N. M., Bikbulatova E. M. The contribution of primary production to the overall organic matter pool in Volga reservoirs. *Water Resources*, 2008, vol. 35, no. 5, pp. 562–569. <https://doi.org/10.1134/S0097807808050072>
 15. Vinberg G. G. Experience in studying photosynthesis and respiration in the water mass of the lake. On the question of the balance of organic matter. Message 1. *Trudy limnologicheskoy stancii v Kosine* [Proceedings of the Limnological Station in Kosin]. Minsk, Izd-vo Belorus. un-ta, 1934, vol. 18, pp. 5–24 (in Russian).
 16. Bul'on V. V. *Pervichnaya produkcija planktona vnutrennih vodoemov* [Primary Production of Plankton of the Inland Water]. Leningrad, Nauka Publ., Leningradskoe otdelenie, 1983. 150 p. (in Russian).
 17. Alimov A. F., Bogatov V. V., Golubkov S. M. *Produkcionnaya gidrobiologiya* [Production Hydrobiology]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 2013. 339 p. (in Russian).
 18. *Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnyh vodoemah. Fitoplankton i ego produkcija, sost. G. M. Lavrenteva* [G. M. Lavrenteva, comp. Methodical Recommendations for the Collection and Processing of Materials for Hydrobiological Research in Freshwater Reservoirs. Phytoplankton and Its Productions]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1984, pp. 17–19 (in Russian).
 19. Belova S. L., Kremenetskaya E. R. The effect of water level variations on production-destruction processes in the Mozhaisk Reservoir. *Water Resour.*, 2010, vol. 37, no. 6, pp. 807–816. <https://doi.org/10.1134/S0097807810060060>
 20. Kurashov E. A., Raspopov I. M., Andronikova I. N. Introduction. Littoral zone. In: *Litoral'naya zona Ladozhskogo ozera, pod. red. E. A. Kurashovoy* [E. A. Kurashova, ed. Littoral Zone of the Lake Ladoga]. Saint Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 2011, pp. 10–19 (in Russian).
 21. Odum Yu. P. *Osnovy ekologii* [Fundamentals of the Ecology]. Moscow, Mir Publ., 1975. 740 p. (in Russian).
 22. Shishkin B. A., Spiglazova G. N., Lokot' L. I. Primary production of the Lake Kenon. In: *Termicheskij rezhim i biologiya ozera Kenon (vodoema-ohladiatelya Chitinskoj GRES), otv. red. A. I. Sizikov, V. A. Shishkin* [A. I. Sizikov, V. A. Shishkin, eds. Thermal Regime and Biology of Lake Kenon (Cooling Pond of the Chita State District Power Plant)]. Chita, Redakcionno-izdatel'skij sektor Zabajkal'skogo filiala geograficheskogo obshchestva SSSR, 1972, pp. 24–37 (in Russian).
 23. Shishkin B. A. *Mesto podlednogo perioda v godovom rezhime biogennyh elementov ozera Kenon – vodoema-ohladiatelya Chitinskoj GRES* [Place of the under-ice period in the annual regime of nutrients of Lake Kenon – cooling pond of the Chita State District Power Plant]. Chita, Redakcionno-izdatel'skij sektor Zabajkal'skogo filiala geograficheskogo obshchestva SSSR, 1972, pp. 12–23 (in Russian).

Поступила в редакцию 21.05.2020, после рецензирования 25.08.20, принята к публикации 01.09.20
Received 21.05.2020, revised 25.08.20, accepted 01.09.20