



DOI 10.23859/estr-230216

EDN BFCCJI

УДК 581.526.3+574.5 (571.54/55)

Научная статья

Динамика пространственного распределения макрофитной растительности оз. Кенон – водоема-охладителя теплоэлектростанции (Восточное Забайкалье)

Б.Б. Базарова 

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 672014, Россия, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а

balgit@mail.ru

Аннотация. Материалы многолетних наблюдений за динамикой пространственного распределения макрофитной растительности оз. Кенон (водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1) показывают, что за ~50-летний период наблюдений (с 1965 г. по 2015 г.) площадь зарастания озера варьировала в пределах 25–90%. Основные площади во все годы исследований занимали харовые водоросли, на долю которых приходилось от 62 до 89% от площади зарослей. При этом в 1970-е гг. по площади лидировала *Nitella flexilis* (33%), в последние годы наблюдений возросла роль *Chara tomentosa* (до 39%). Среди сосудистых растений сократились заросли *Potamogeton crispus* (с 32% до менее 1%), при этом увеличилась площадь, занимаемая *Stuckenia pectinata* (8.6%). Постоянным компонентом термальной зоны с 1965 г. является *Myriophyllum sibiricum*. Показано, что при высоких уровнях воды, превышающих 654 м н.у.м., площадь зарастания снижается, а при низких, менее 653.5 м н.у.м. – возрастает. При низких уровнях воды экосистема озера функционирует по макрофитному типу, а при высоких – по фитопланктонному. Основные причины изменений в пространственной структуре растительности озера – совокупность антропогенных воздействий: регулирования уровня режима, теплового загрязнения и вселения растительоядных рыб.

Ключевые слова: антропогенное влияние, харовые водоросли, водные растения, зарастаемость, уровень воды

Благодарности. Автор выражает благодарность коллегам А.П. Куклину и П.В. Матафонову за помощь в экспедиционных исследованиях. Также автор благодарит рецензентов за конструктивные предложения по статье.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания № FUFRR-2021-0006.

ORCID:

Б.Б. Базарова, <https://orcid.org/0000-0003-2897-8943>

Для цитирования: Базарова, Б.Б., 2025. Динамика пространственного распределения макрофитной растительности оз. Кенон – водоема-охладителя теплоэлектроцентрали (Восточное Забайкалье). *Трансформация экосистем* 8 (1), 3–20. <https://doi.org/10.23859/estr-230216>

Поступила в редакцию: 16.02.2023

Принята к печати: 02.08.2023

Опубликована онлайн: 07.02.2025

DOI 10.23859/estr-230216

EDN BFCCJI

UDC 581.526.3+574.5 (571.54/55)

Article

Dynamics of spatial distribution of macrophyte vegetation in Lake Kenon, a cooling reservoir of a thermal power plant (Eastern Transbaikalia)

B.B. Bazarova 

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Nedorezov St. 16a, Chita, 672014 Russia

balgit@mail.ru

Abstract. Long-term monitoring of the dynamics of spatial distribution of macrophyte vegetation in Lake Kenon (a cooling reservoir of the Chita Thermal Power Plant-1) shows evidence of variations (25–90%) in its overgrowth area for a ~50-year observation period (1965–2015). In all years of investigations, the main areas of charophyte algae made up 62–89% of the total overgrowth. In the 1970s, *Nitella flexilis* was the leader (33%) in terms of the occupied area. However, in the last years of observations, the role of *Chara tomentosa* was growing (up to 39%). Among vascular plants, the area of *Potamogeton crispus* thickets reduced (from 32% to less than 1%) in contrast to *Stuckenia pectinata* (8.6%). *Myriophyllum sibiricum* was a permanent component of a thermal zone since 1965. At high water levels (above 654 m a.s.l.), the area of overgrowth decreased, and at low levels (under 653.5 m a.s.l.) it increased. With low water levels, the lake ecosystem had a macrophyte type and at high ones a phytoplankton type of functioning. A combination of anthropogenic impacts, i.e. water level regulation, thermal pollution and herbivorous fish introduction were the driving factors responsible for spatial restructuring of the lake vegetation.

Keywords: anthropogenic impact, charophytes, aquatic plants, overgrowth, water level

Acknowledgements. The author expresses her gratitude to colleagues A.P. Kuklin and P.V. Matafonov for their assistance in field studies. The author also thanks the reviewers for their constructive comments.

Funding. The study was carried out as a part of State Assignment No. FUFР-2021-0006.

ORCID:

B.B. Bazarova, <https://orcid.org/0000-0003-2897-8943>

To cite this article: Bazarova, B.B., 2025. Dynamics of spatial distribution of macrophyte vegetation in Lake Kenon, a cooling reservoir of a thermal power plant (Eastern Transbaikalia). *Ecosystem Transformation* 8 (1), 3–20. <https://doi.org/10.23859/estr-230216>

Received: 16.02.2023

Accepted: 02.08.2023

Published online: 07.02.2025

Введение

Глобальные климатические изменения и антропогенные воздействия существенно влияют на состояние водоемов, трансформируя эволюционно сложившиеся гидродинамические, гидрохимические и гидробиологические параметры в них. Изучение подобных трансформаций относится к числу актуальных проблем современности.

Оз. Кенон, расположенное в черте г. Читы, – один из важных водных объектов Забайкалья, подверженных влиянию как природных, так и антропогенных факторов. С 1965 г. озеро используется в качестве водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1. За период эксплуатации условия среды обитания гидробионтов в оз. Кенон по сравнению с 1960–1970 гг. (Сизиков и Шишкин, 1972) и 1980–1990 гг. (Итигилова и др., 1998) претерпели существенные изменения. Изменился тип водного питания: он стал антропогенно-речным, почти в два раза увеличился водообмен, сменился термический режим. В месте сброса подогретых вод (северо-западный сектор озера) образовался термальный участок, не замерзающий зимой. Возросла минерализация воды, произошла смена типа воды (Итигилова и др., 1998; Усманова, 2012). В озере появился чужеродный вид растения *Elodea canadensis* Mich (Базарова и др., 2012). Совокупность изменений абиотических и биотических параметров вызвала изменения в структурно-функциональной организации экосистемы оз. Кенон, в том числе в макрофитной растительности (Bazarova et al., 2019). Макрофиты в мелководных озерах выполняют важную средообразующую роль и, согласно гипотезе альтернативных состояний, представляют собой центральное звено, регулирующее развитие водных экосистем (Scheffer, 2001, 2004).

Цель данной работы – анализ многолетней динамики пространственного распределения макрофитной растительности оз. Кенон по оригинальным и литературным данным.

Материалы и методы

Характеристика озера и историческая справка

Озеро Кенон расположено в черте г. Читы. Площадь водосбора составляет 227 км², площадь озера – 16.2 км², длина – 5.7 км, средняя ширина – 2.8 км, средняя глубина – 4.4 м. К 1970-м гг. озеро заросло полностью. Для борьбы с растительностью в период с 1970 по 1973 гг. завозились личинки растительноядных рыб. Первая партия из 20 тыс. личинок белого амура *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) и 10 тыс. личинок пестрого толстолобика *Aristichthys nobilis* (Richardson, 1845) была доставлена 26 июня 1970 г из Чикутского рыбопитомника, расположенного в Краснодарском крае. Вторая партия в количестве 50 тыс. личинок *C. idella* и 50 тыс. личинок *A. nobilis* прибыла 15 июня 1971 г. В июне 1972 г. было завезено 10 тыс. личинок *C. idella*, а в июне 1973 г. – 100 тыс. личинок *A. nobilis* (Горлачев и Горлачева, 2017).

После запуска Читинской ТЭЦ-1 вода оз. Кенон используется для охлаждения турбин, гидрозолеудаления и отопления объектов краевого центра. Для поддержания уровня воды, необходимого для технологических нужд ТЭЦ-1, с 1975 г. начата подкачка воды из р. Ингоды, после чего уровень воды в озере повысился на 1 м (Владимирова, 1979; Золотарева, 1998; Итигилова и др., 1998).

Первые научные сведения о биоте оз. Кенон были получены в ходе исследований Амурской ихтиологической экспедиции летом 1946 г. (Боруцкий, 1952). В 1964–1967 гг. обследования озера проводились рыбохозяйственной экспедицией Читинского пединститута. Влияние сброса подо-

гретых вод на изменение режима озера изучалось в 1969–1972 гг. (Сизиков и Шишкин, 1972). С 1985 по 1994 гг. наблюдения за динамикой экосистемы водоема по отдельным группам организмов проводились лабораторией водных экосистем ЧИПР СО РАН (Итигилова и др., 1998). В рамках вышеперечисленных работ исследовалась и растительность оз. Кенон. В период с 2010 по 2012 гг. комплексные исследования озера проводились в рамках гранта РФФИ 11-04-98064_р_сибирь_а, в последующие годы – по госбюджетным темам № 79.1.1; № 0386-2014-0001.

Материалы и методика работы

Гидробиологические работы на оз. Кенон выполнялись в 2010–2015 гг. по общепринятой методике (Катанская, 1981). Изучение растительного покрова проведено путем маршрутного обследования. Для уточнения распределения растений на литорали использовался эхолот HDS 5 Gen 2 (Lowrance, США) (точность определения глубины ± 1 см, координат – ± 2 м). Заложено 4 экологических профиля, проходящих через центральную часть озера и соединяющих противоположные берега. На экране эхолота различимы заросшие и не заросшие участки дна, яруса и границы переходов погруженных растительных сообществ. Для верификации изображения на модельных участках проводились гидробиологические работы (Базарова и Куклин, 2023). Уточняли видовой состав, измеряли глубину и прозрачность воды по диску Секки, фиксировали характер грунта и географические координаты. Всего обследовано 109 станций. Для подъема растений из водоема использовали якорь-кошку с металлической сеткой. Координаты гидробиологической и эхолотной съемки заносились в GIS-программу Google Earth Pro, где определены площади сообществ. Таксономия сосудистых растений приведена по базе данных Catalogue of life¹ водорослей – по базе данных Algaebase².

Материалы по межгодовой динамике среднегодового уровня воды оз. Кенон, количеству атмосферных осадков, объемам подкачиваемых вод из р. Ингоды предоставлены ПАО «ТГК-14». Все значения уровня воды даны по Балтийской системе высот.

Результаты и обсуждение

Абиотические параметры

Нами сопоставлены многолетние данные по среднегодовым значениям уровня воды в оз. Кенон и количеству атмосферных осадков в период до его регулирования (с 1938 по 1974 гг.) и после зарегулирования путем подкачки из р. Ингоды (с 1975 по 2018 гг.). Межгодовая динамика среднегодовых значений уровня воды до 1975 г. в целом повторяла динамику количества осадков (Рис. 1). Для периода без регулирования уровня воды была характерна четырех-семилетняя ритмика уровня, обусловленная изменением количества атмосферных осадков (Обязов, 2010).

В период 1975–2003 гг. в озере поддерживался уровень воды выше значения 654.5 м н.у.м. за счет больших объемов подкачиваемых вод (12520 ± 4940.108 тыс. м³). С 2000-х гг. на фоне уменьшения количества атмосферных осадков зарегистрировано снижение объемов подкачиваемых вод (8384 ± 2294.491 тыс. м³), что в совокупности привело к снижению уровня воды ниже 653.5 м н.у.м и соответствующему уменьшению площади водного зеркала озера на 9.2% (архивные данные ПАО «ТГК-14»).

Колебания уровня воды сопровождалось изменениями глубин, прозрачности воды, концентраций биогенных элементов и основных макрокомпонентов (Табл. 1). Снижение глубины воды сопровождалось ростом прозрачности воды и глубины произрастания растений. В 2015 г. зарегистрирован рост глубины, прозрачности и площади литорали озера. Концентрация нитритов (NO_2^-) по сравнению с 1986 г. в 2010–2015 гг. снизилась. Максимальные значения нитратов (NO_3^-) и аммония (NH_4^-) зарегистрированы в 2011 и 2012 гг. соответственно. Концентрация общего фосфора ($\text{P}_{\text{общ}}$) варьировала от 0.01 до 0.09 мг/л (Бутенко и Цыбекмитова, 2017). Произошло качественное изменение гидрохимического состава вод: минерализация возросла более чем в 1.5 раза (с 420 до 641 мг/л), также произошла смена типа воды на сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциево-магний вместо гидрокарбонатно-натриево-магниевого (Табл. 1) (Усманова, 2012).

¹ Catalogue of life. Интернет-ресурс. URL: <https://www.catalogueoflife.org/> (дата обращения: 29.11.2024)

² Algaebase. Интернет-ресурс. URL: <https://www.algaebase.org/> (дата обращения: 29.11.2024)

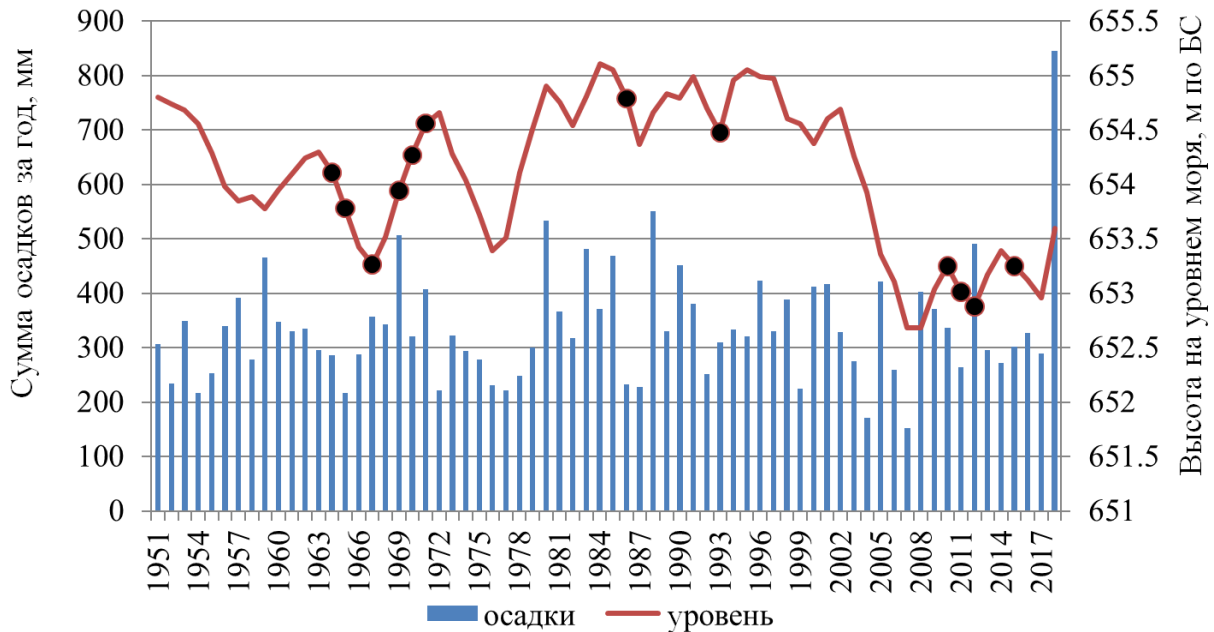


Рис. 1. Многолетняя динамика уровня воды озера Кенон и количества атмосферных осадков; точки – годы наблюдений за растительностью.

Табл. 1. Абиотические параметры среды оз. Кенон в разные годы. Н – максимальная глубина; Н_{раст} – максимальная глубина произрастания растений; Тг – прозрачность воды; TDS – минерализация воды; «–» нет данных; гидрохимический состав вод приведен по: Бутенко и Цыбекмитова, 2017; Замана и Усманова, 2017; Иванов и Трофимова, 1982; Итигилова и др., 1998, Сизиков и Шишкин, 1972; Усманова, 2012.

Физико-химические параметры и катионный состав вод									
Год	Н, м	Тг, м	Н _{раст} , м	TDS, мг/л	pH	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Na ⁺ , мг/л	K ⁺ , мг/л
1971	7.0	2.0	5.5	585.40	-	24.00	43.80	62.10	10.10
1986	7.0	3.1	2.0	641.00	8.25	68.00	38.30	61.90	-
2010	5.1	3.0	4	520.10	8.40	55.40	36.80	52.10	2.38
2011	4.7	3.7	4	563.68	8.98	43.20	41.98	69.18	2.23
2012	4.7	3.8	4	575.20	8.27	54.25	40.55	53.10	1.94
2015	5.2	4.5	5	510.20	8.61	58.50	30.10	52.30	1.60

Анионный и биогенный состав									
Год	Cl ⁻ , мг/л	F ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	CO ₃ ²⁻ , мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	P _{общ} , мг/л
1971	11.40	-	73.90	-	360.00	0.07	0.01	0.18	-
1986	20.30	-	250.30	6.80	202.20	0.03	0.03	0.13	0.10
2010	58.70	2.63	201.90	0.53	126.30	0.01	0.00	0.08	0.09
2011	66.19	2.17	189.64	1.38	147.72	1.48	0.01	0.11	0.04
2012	67.80	190	225.00	0.00	131.50	0.00	0.00	0.43	0.01
2015	76.70	1.62	185.10	3.60	100.70	0.00	0.00	0.00	0.01

Динамика растительности

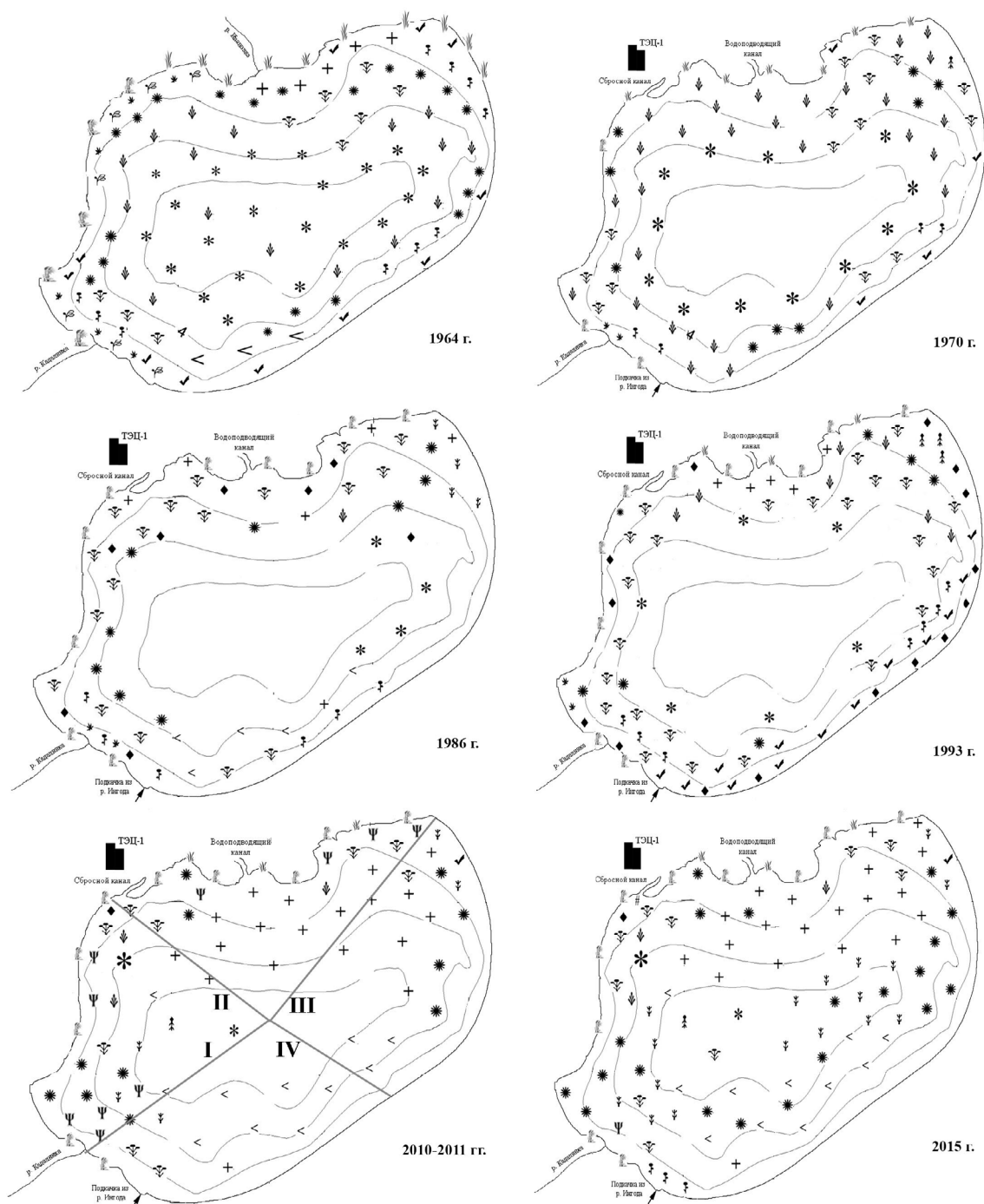
По результатам многолетних исследований растительного покрова оз. Кенон наблюдаются количественные изменения в пространственном распределении растительных сообществ и качественные – в их составе (Рис. 2). Данные Табл. 2 позволяют проследить, как изменялась общая площадь зарастания озера и соотношение площадей преобладающих видов водных растений.

До строительства ТЭЦ-1 в 1964 г. при уровне воды 654.42 м н.у.м. (Рис. 1) озеро зарастало полностью (Рис. 2). В центральной части доминировали заросли *Nitella flexilis*. Вдоль южного берега глубины 3.0–5.0 м были освоены *Chara aspera* и *C. globularis* с *Potamogeton crispus*, вдоль северного берега мелководья до 3.0–4.5 м занимали *C. tomentosa*, *Myriophyllum sibiricum* и *Stuckenia vaginata* (Magnin) Holub. Почти по всему периметру озера росла *Chara arcuatofolia* Vilh. Вдоль юго-западного и северо-восточного берегов встречался *Potamogeton perfoliatus*, однако больших площадей не занимал. По западному и северо-западному побережью озера прерывисто тянулись заросли воздушно-водных растений (гелофитов) *Phragmites australis*, по северному – *Schoenoplectus tabernaemontani*. В мелководной зоне на глубинах 0.3–0.7 м был сформирован пояс укореняющихся погруженных растений с плавающими на поверхности воды листьями (нейстофитов), представленный сообществами *Nymphoides peltata* и *Persicaria amphibia* с проективным покрытием 80–95% (согласно дневникам Б.И. Дулеповой по: Золотарева, 1998).

В период 1965–1967 гг. начался сброс теплых вод в озеро в связи с запуском ТЭЦ-1, что при близких значениях уровня воды 653.58 ± 0.34 м н.у.м. (Рис. 1) положительно повлияло на рдесты. Наблюдалось увеличение площадей зарослей рдестовых: *Potamogeton crispus*, *P. pusillis*, *Stuckenia vaginata*, *S. filiformis* (Pers.) Vörner. Заросли *P. crispus* занимали глубины 3.0–3.5 м по северо-западному и центральному сектору озера, занимая более 300 га дна или 32% от общей площади зарослей. *S. vaginata* рос по северо-западному и юго-западному сектору на глубинах 0.6–3.0 м. *S. filiformis* встречался по западному, южному, северному побережью на глубинах 0.3–1.0 м. В юго-западном секторе *S. filiformis* цвел, образуя семена, в южном формировал только вегетативные формы высотой 0.3 м. Заросли *P. pusillis* встречались по юго-западному сектору на глубинах 0.4–0.6 м, образуя густые заросли. Фитоценозы *Myriophyllum sibiricum* занимали небольшие участки по северному, северо-западному, юго-западному сектору озера. *Ranunculus circinatus* был распространен неравномерно в качестве содоминанта в зарослях харовых водорослей на глубинах 0.4–0.8 м. Нейстофиты встречались лишь по юго-западному и северо-западному секторам озера в виде небольших скоплений. Растительность по южной и юго-восточной части озера оставалась неизменной и была представлена харовыми водорослями. Среди гелофитов лидирующее положение сохранялось за *Schoenoplectus tabernaemontani* (Владимирова, 1968).

Последующие годы (1969–1971 гг.) характеризуются ростом уровня воды до отметок 654.5 ± 0.19 м н.у.м. (Рис. 1) за счет обильных атмосферных осадков в предыдущие годы. При этом зарастание озера снизилось до 68%. Растительность исчезла с центральных участков озера, но на глубинах ~4 м, занимая более 350 га, сохранились сообщества *Nitella flexilis*. Также довольно большие площади дна (более 350 га) были заняты зарослями *Potamogeton crispus* (Табл. 2, Рис. 2). Возросла площадь зарослей *Myriophyllum sibiricum*. Сохранились сообщества *Chara tomentosa*, *Potamogeton perfoliatus*, *Chara arcuatofolia*, *Stuckenia vaginata*. Среди гелофитов лидирующее положение сохраняли сообщества *Schoenoplectus tabernaemontani* (Владимирова, 1972).

Периоды исследования 1986 и 1993 гг. характеризовались высокими значениями уровня воды: 654.66 и 654.48 м н.у.м. соответственно (Рис. 1). При повышении водности и становления популяции растительноядных рыб в озере наблюдалось постепенное снижение степени зарастания макрофитами до 44% и 25% от общей площади водного зеркала. Произошло существенное сокращение зарослей *Potamogeton crispus*, который в предыдущие годы встречался в качестве сопутствующего в сообществах харовых водорослей по восточному сектору озера. Это связано с тем, что рдесты, относящиеся к «мягкой растительности», представляют собой предпочитаемый растительноядными рыбами корм (Гаевская, 1966). В термальном северо-западном секторе озера массовое развитие получили сообщества *Myriophyllum sibiricum* и *Ranunculus circinatus*. В центральной части озера появились участки дна, лишённые растительности, исчезли сообщества *Nitella flexilis*. Среди гелофитов лидирующее положение занял *Phragmites australis*. Вдоль северного и северо-западного побережья еще сохранялись фитоценозы *Persicaria amphibia*, *Nymphoides peltata*, *Sagittaria natans*; кроме того, они встречались в свободных «окнах» в зарослях



*1 *2 ✓3 +4 <5 6 7 8 9 10 11 *12 13 14 15 Ψ16

Рис. 2. Карты-схемы распределения растительности оз. Кенон в разные годы. 1 – *Nitella flexilis*, 2 – *Chara tomentosa*, 3 – *Ch. arcuatoifolia*, 4 – *Ch. aspera*, 5 – *Ch. globularis*, 6 – *Myriophyllum sibiricum*, 7 – *Potamogeton perfoliatus*, 8 – *Stuckenia pectinata*, 9 – *St. vaginata*, 10 – *Potamogeton crispus*, 11 – *Persicaria amphibia*, 12 – *Nymphoides peltata*, 13 – *Schoenoplectus tabernaemontani*, 14 – *Phragmites australis*, 15 – *Ranunculus circinatus*, 16 – *Elodea canadensis*. I, II, III и IV – экологические профили.

Табл. 2. Степень зарастания и площади основных видов макрофитов оз. Кенон в разные годы: «→» – нет данных.

Показатель	Год											
	1971	1986	2010	2011	2012	2015	S, га	Вклад, %	S, га	Вклад, %	S, га	Вклад, %
S озера, га	1620	1620	1491	1491	1486	1474						
S зарослей, га	1103.24	714	480.1	747.67	951.03	1358.19						
Степень зарастания, %	68.10	44.07	32.19	50.15	64.00	92.00						
Вид	S, га	Вклад, %	S, га	Вклад, %	S, га	Вклад, %	S, га	Вклад, %	S, га	Вклад, %	S, га	Вклад, %
<i>Chara tomentosa</i> L.	156.6	14.19	20	2.8	100	20.83	130	17.32	370.00	38.91	496	36.52
<i>Chara aspera</i> var. <i>subinermis</i> Kützing	160.7	14.57	170	23.81	150	31.24	150	20.05	170.00	17.88	317.5	23.78
<i>Chara globularis</i> Thuill.	0.02	0.001	260	32.41	100	20.83	130	17.30	210.00	22.08	312	22.97
<i>Nitella flexilis</i> (L.) C. Agardh	363.3	32.94	70	9.8	50	10.41	50	6.62	50.00	5.26	50	3.68
<i>Myriophyllum sibiricum</i> Kom.	60.7	5.5	80	11.20	27	5.62	80	10.41	30.00	3.15	4.65	0.34
<i>Potamogeton crispus</i> L.	351.5	31.87	–	–	0.5	–	80	10.41	0.02	–	0.02	–
<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner	–	–	–	–	0.5	–	17.26	2.30	65.00	6.83	117	8.61
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	0.1	–	–	–	2	–	20.39	2.39	21.00	2.21	46	3.38
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	0	–	0	–	35	7.29	75	10.00	20.00	2.1	0.001	–
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.	0.003	–	80	11.20	0.01	–	0.01	–	–	–	–	–
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Gray	0.005	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Nymphoides peltata</i> (S.G. Gmel.) Kuntze	0.07	–	10	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	–	–	24	3.36	15	2.01	15	3.10	15	1.57	15	1.10
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C. Gmel.) Palla	10.24	0.93	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Прочие виды	–	–	–	5.42	0.1	1.77	0.01	–	0.01	0.01	0.02	0.72

P. australis. В северо-восточном секторе появились небольшие группировки *Stuckenia pectinata*. Высокий уровень воды в озере в эти годы поддерживался за счет закачивания больших объемов воды (архивные данные ПАО «ТГК-14»).

После 2000 г. резкое снижение объемов закачиваемых вод на фоне падения количества атмосферных осадков привело к уменьшению уровня воды и сопровождалось повышением степени зарастания озера в 2–3 раза. К 2010 г. при снижении уровня до 653.25 м степень зарастания составила 32%. В следующие два года уровень продолжал падать и степень зарастания возросла до 64%. В 2015 г. уровень снова вырос до 653.25 м, а степень зарастания достигла 92%.

Гидрботанические съемки 2010 г. показали, что среди погруженных растений существенна роль *Elodea canadensis*, которая разрослась вдоль западного берега на глубинах 0.7–1.5 м, образуя плотные монодоминантные заросли (Рис. 2). В 2011 г. *E. canadensis* разрослась и по юго-западному и северному секторам озера. В июле 2012 г. вид отмечен только как сопутствующий в составе других сообществ в юго-западном секторе, напротив впадения р. Кадалинки (Базарова, 2012).

Харовые водоросли в 2010 г., как и в предыдущие годы исследования, распространены по южному и восточному секторам озера. На их долю приходилось 85% от общей площади зарастания, сообщества приурочены к глубинам 2.5–4.0 м. В центральной части озера единично встречалась *Nitella flexilis*. Довольно плотные заросли *N. flexilis* были выявлены на глубине 4.0 м в северо-западном секторе озера. В 2011 г. доля Charophyta в общей площади зарастания снизилась до 62%, при этом была сравнима с данными за 1971 и 1986 гг. В 2012 г. степень зарастания озера повысилась, что сопровождалось расширением зарослей харовых, доля которых возросла до 84%. Основной вклад вносили сообщества *Chara tomentosa* (39% от площади зарастания), которые занимали юго-западный сектор озера от уреза воды до глубин 2.5 м, покрывая дно практически сплошным слоем. В северном секторе *Chara globularis* встречалась на мелководьях от уреза до глубин 3 м. В 2015 г. заросли *C. tomentosa* распространились и по восточному и южному секторам озера.

Наряду с харовыми наблюдалось увеличение площадей сообществ *Stuckenia pectinata*. Если в 2012 г. *S. pectinata* встречалась только в юго-западном секторе на глубинах 0.8–1.5 м (Табл. 2, Рис. 2) с долей 2.3% от площади зарастания, то в 2015 г. она увеличила свой вклад до 8.61% и заняла центральную часть озера, образуя плотные заросли на глубинах 3.5–4.5 м.

Наиболее сложная мозаичная пространственная структура растительности сохранялась в термальном северо-западном секторе озера. В 2010–2012 гг. здесь доминировали сообщества *Myriophyllum sibiricum*. В углублениях рельефа литорали встречались небольшие группировки *Potamogeton crispus*, вдоль западного берега – сообщества *Ranunculus circinatum*. В 2015 г. здесь впервые для оз. Кенон были выявлены сообщества *Potamogeton octandrus* Poir. Данный вид является представителем дальневосточной флоры и ранее не указывался для озера (Базарова и Бобров, 2018). В целом период исследования 2010–2015 гг. характеризовался массовым развитием макрофитной растительности, которая освоила значительную площадь дна озера. Наибольшие площади были заняты харофитами, впервые за многолетний период наблюдений в качестве доминантов выступили сообщества *S. pectinata*. Среди гелофитов лидирующая роль сохранялась за *Phragmites australis*. Нейстофиты представлены единичными экземплярами *Sagittaria natans*, встречающимися в юго-западном секторе озера.

Представленные материалы по динамике пространственной структуры макрофитной растительности оз. Кенон показывают, что за ~50-летний период площади зарастания озера варьировали в пределах 25–90%. При «высоких» уровнях воды (значения 654.5 м н.у.м. и больше) площадь зарастания озера снижается, при «низких» (653.5 м н.у.м. и меньше) – увеличивается. Выявленная закономерность в целом согласуется с данными для других водоемов (Михайлова, 2022; Папченков, 2013; Поддубный и др., 2022 и др.). Однако специфика исследуемого водоема в том, что он долгое время существовал в естественном состоянии. До 1975 г. колебания уровня воды озера характеризовались 4–7-летними циклами низкого и высокого уровня; они зависели только от количества выпавших атмосферных осадков, при этом уровень воды менялся плавно, резких изменений в площади зарастания не отмечалось. После начала зарегулирования выделяется 23-летний период высокого уровня и 11-летний период низкого уровня (архивные данные ПАО «ТГК-14»). С началом регулирования уровень воды был резко поднят и длительное время поддерживался выше значений 654.5 м н.у.м., что спровоцировало сокращение зарослей макрофитов до 25% от площади озера; кроме того, уменьшению площадей растительности способствовало

вселение растительноядных рыб. Снижение объемов подкачиваемых вод с 2003 г. на фоне падения количества атмосферных осадков способствовало росту площадей зарастания.

Изменения уровня влияли на функционирование озера. Длительная поддержка высокого уровня воды привела к перестройке экосистемы на микрофитный тип: уменьшилась площадь зарастания макрофитами, наблюдались «вспышки» фитопланктона, численность которого возросла с 70 млн. кл/л в 1969–1972 гг. (Шишкин и др., 1972) до 186 млн кл/л в 1986 г. (Итигилова и др., 1998). Этому также способствовали дополнительные источники биогенов в виде продуктов жизнедеятельности растительноядных рыб (Karpiński, 1994) и воды, поступающей из р. Ингоды, так как водозабор был установлен ниже сброса канализационных вод пос. Кадала. В рассматриваемый период в озеро поступило около 62 т азота и 6 т фосфора (Итигилова и др., 1998). В результате произошла интенсификация первичной продукции фитопланктона в 2.6 раза: с 1505 до 3930 ккал/м² (Итигилова и др., 1998; Оглы, 2008), увеличилась доля сине-зеленых водорослей. В 1988 г. отмечено «гиперцветение» воды водорослью *Anabaena spiroides* Klebahn и рост количества сапрофитных бактерий. Нитчатые водоросли массово развивались практически по всему озеру, опутывая водные растения, а также формируя свободноплавающие скопления в виде куполов (Золотарева, 1998). В 1997–1999 гг. нитчатые водоросли *Cladophora fracta* (Vahl.) Kütz. и *Spirogira* sp. образовывали мощные всплывшие маты. Они формировали в термальном северо-западном секторе озера поля шириной до 4.0 м, тянущиеся вглубь озера (Куклин, 2017).

Несмотря на произошедшие изменения, основой растительного покрова оз. Кенон во все периоды исследования остаются харовые водоросли, однако если до 1986 г. это был вид *Nitella flexilis*, то последние исследования показывают доминирование *Chara tomentosa* и *Chara aspera*. Харофиты обычно считаются показателями высокого качества воды (Krause, 1981; van Donk and van de Bund, 2002), однако они могут произрастать в разных условиях среды, что свидетельствует об их значительной неоднородности по требованиям к среде обитания (Kolada, 2014; Søndergaard et al., 2013). Известно, что *Nitella flexilis* наиболее требовательна к чистоте и прозрачности воды, предпочитает низкоминерализованные воды (Kolada, 2021; Urbaniak and Gabka, 2014). *Chara tomentosa* и *Chara aspera* менее требовательны к условиям среды, обитают в водах с более высокой минерализацией вплоть до солоноватых (Киприянова и Романов, 2013); *Chara globularis* относится к универсалам с широкой вариабельностью к условиям среды (Auderset Joe and Rey-Boissezon, 2015; Baastrup-Spohr et al., 2015). Присутствие харофитов не обязательно гарантирует хорошие экологические условия среды (Poikane et al., 2018).

Среди сосудистых растений к настоящему времени также произошли существенные изменения. Так, *Potamogeton crispus* уступил лидирующую роль в зарастании. Он относится к видам с осенне-весенним циклом развития, пик развития которого приходится на весну (Shaltout et al., 2016). Сброс теплых вод с момента запуска ТЭЦ-1 привел к повышению температуры воды, особенно заметному в период ледостава, что способствовало увеличению продолжительности вегетации и массовому развитию *P. crispus*. Для борьбы с зарастанием озера в 1970–1973 гг. были вселены растительноядные виды рыб *Ctenopharyngodon idella* и *Aristichthys nobilis*. При этом в первый год *C. idella* было вселено в два раза больше, чем *A. nobilis*. Во второй год количество обоих видов было равным, а в третий соотношение личинок *C. idella* и *A. nobilis* было 1:10. Общее количество личинок *A. nobilis* за три года было два раза больше, чем *C. idella*. В результате уже в первый год вселение *C. idella* привело к сокращению зарослей (Горлачев и Горлачева, 2017), при этом преимущество получили *Myriophyllum sibiricum* и *Ranunculus circinatus* – виды-индикаторы мезо- и эвтрофных условий среды (Макрофиты..., 1994). К настоящему времени *P. crispus* изредка встречается по термальному северо-западному сектору озера.

С 2012 г. вклад *Stuckenia pectinata* увеличивался: к 2015 г. он занимал 8.6% от площади зарастания, формируя плотные сообщества. Появление *S. pectinata* в составе доминантов и рост его вклада может свидетельствовать о начале нового этапа развития экосистемы озера (Brodersen et al., 2001; Hilt et al., 2013). Это явление совпало с изменением гидрохимического состава вод, которое прослеживается с 2010 г. (Табл. 1.). К 2015 г. наиболее значимо изменились концентрации ионов Cl⁻ (выросла более чем в 7 раз), HCO₃⁻ (уменьшилась в 3 раза), Ca²⁺ (увеличилась в 2 раза). Рост концентрации ионов кальция, вероятно, связан с массовым развитием *Chara tomentosa* и *C. aspera*, способных к активному отложению кальцита на своих талломах.

Существенное снижение объемов закачиваемых вод на фоне уменьшения количества атмосферных осадков привело к снижению концентрации биогенных элементов, росту прозрачности

воды (Табл. 1), что способствовало расширению зарослей харовых водорослей и перестройке состава доминантов. При этом в 2010–2015 гг. среди харофитов преобладали *Chara tomentosa*, *C. aspera* и *C. globularis* – виды, менее требовательные к условиям среды. Расширение площади харофитов в указанный период стабилизировало состояние экосистемы, позволяя другим водным макрофитам восстановиться (Hutorowicz and Dziedzic, 2008; Noordhuis et al., 2002; Steinman et al., 2002; van den Berg, 1994, 1998). На фоне роста доли макрофитной растительности в оз. Кенон в 2010–2015 гг. отмечалось снижение численности фитопланктона (до 0.1–0.001 млн. кл/л), а также падение доли сине-зеленых водорослей. Зарегистрирована тенденция межгодового снижения количественных характеристик фитопланктона: в 2010 г. его численность составляла 200–400 тыс. кл/л, а биомасса –1.5–2.1 г/м³, в то время как в 2011–2015 гг. эти показатели не превышали 100 тыс. кл./л и 50 мг/м³ (Афони́на и др., 2017). Снизилось и значение первичной продукции: если она составляла 122–178 гС/м³ в 1970-хх гг. и 411–738 гС/м³ в 1985–1987 гг., то в 2010–2011 гг. ее значение упало до 90–225 гС/м³. Деструкция превышала продукционные процессы и составляла около 410 гС/м³ (Bazarova et al., 2019). Исчезли скопления *Cladophora fracta*, *Spirogira* sp., которые остались в небольшом количестве среди зарослей макрофитов. Появились виды-индикаторы чистых вод: *Chaetophora lobuta* Schrank, *Mougeotia* sp, *Tribonema* sp, *Ulothrix zonata* (Weber et Mohr) Kützing (Куклин, 2017).

Таким образом, в период 2010–2015 гг. сложился растительный покров, который значительно отличается видовым и ценотическим составом макрофитов от исходного, наблюдавшегося до 1965 г. Однако в настоящий момент он сбалансирован и поддерживает экосистему оз. Кенон на макрофитной стадии, которая характеризуется высокой прозрачностью воды и в целом благоприятными показателями водной среды. Можно рекомендовать поддерживать уровень воды на значении 653.5 м как оптимальном для экосистемы. Увеличение количества атмосферных осадков при сохранении объемов закачиваемых вод приведет к повышению уровня и уменьшению площади зарастания, однако к исходному состоянию озеро не вернется.

Заключение

На примере оз. Кенон показано, что причиной необратимого изменения макрофитной растительности и в целом всей экосистемы водоема стала деятельность человека: регулировка уровня, тепловое воздействие, подкачка воды, вселение растительноядных рыб. В то же время появление в озере представителя дальневосточной флоры *Potamogeton octandrus* может быть следствием тенденции роста среднегодовых температур, наблюдаемой на территории Забайкалья с начала XXI в.

К настоящему моменту в озере сформировался сбалансированный растительный покров, который значительно отличается видовым и ценотическим составом макрофитов от исходного, однако способен поддерживать достаточно благополучное состояние экосистемы.

Показано, что за счет регулирования уровня воды можно воздействовать на состояние экосистемы мелководного озера и изменение ее функционирования с макрофитного типа на микрофитный (фитопланктонный). Прослежена обратная зависимость степени зарастания водоема от уровня воды. Поддержание уровня воды на значении 653.5 м позволит сохранять функционирование экосистемы по макрофитному типу, который для озера наиболее благоприятен.

Список литературы

- Афони́на, Е.Ю., Ташлыкова, Н.А., Итигилова, М.Ц., 2017. Пространственно-временная динамика планктонных сообществ озера Кенон (по данным 2010–2015 гг.). *Вода: химия и экология* **2**, 42–50. <http://www.doi.org/10.18411/2072-8158-2017-2-42-50>
- Базарова, Б.Б., 2012. Многолетние изменения растительности озера Кенон (Забайкальский край). *Известия ИГУ. Серия «Биология. Экология»* **5** (4), 18–23.
- Базарова, Б.Б., Бобров, А.А., 2018. *Potamogeton octandrus* (Potamogetonaceae) – новый вид для флоры Сибири. *Ботанический журнал* **103** (11), 1489–1496.
- Базарова, Б.Б., Горлачева, Е.П., Матафонов, П.В., 2012. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край). *Российский журнал биологических инвазий* **3**, 20–27.

- Базарова, Б.Б., Куклин, А.П., 2023. Опыт использования глазомерной и эхолотной съемки при изучении погруженной водной растительности озера Кенон (Восточное Забайкалье) *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии* 22 (2), 34–38. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2023092>
- Боруцкий, Е.В., 1952. Труды Амурской ихтиологической экспедиции, 1945–1949 г. *Московское общество испытателей природы* 3 (32), 1–511.
- Бутенко, М.Н., Цыбекмитова, Г.Ц., 2017. Динамика биогенных элементов (азота и фосфора) в воде озера Кенон. В: Цыбекмитова, Г.Ц. (ред.), *Экология водоемов-охладителей энергетических станций*. ЗабГУ, Чита, Россия, 29–32.
- Владимирова, З.Ф., 1968. Флора озера Кенон. *Ученые записки Читинского педагогического института* 19, 118–122.
- Владимирова, З.Ф., 1972. Гидрофиты оз. Кенон. Отчет за 1971 год по теме ГК СМ СССР по науке и технике «Изучение влияния сбросов воды электростанция на водоем-охладитель в условиях Сибири». ЛИН СО РАН, Иркутск, СССР, 55–64.
- Владимирова, З.Ф., 1979. Водная растительность и ее регулирование в водоеме-охладителе Читинской ГРЭС (оз. Кенон). В: Шишкин, Б.А. (ред.), *Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов*. Читинская областная типография, Чита, СССР, 113–114.
- Гаевская, Н.С., 1966. Роль высших водных растений в питании животных пресных водоемов. Наука, Москва, СССР, 327 с.
- Горлачев, В.П., Горлачева, Е.П., 2017. Инвазии рыб Верхнеамурского региона. *Ученые записки Забайкальского государственного университета* 12, 129–141.
- Замана, Л.В., Усманова, Л.И., 2017. Гидрохимия озера Кенон – водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1. В: Цыбекмитова, Г.Ц. (ред.), *Экология водоемов-охладителей энергетических станций*. ЗабГУ, Чита, Россия, 130–137.
- Золотарева, Л.Н., 1998. Водная растительность озера Кенон и ее динамика (Восточное Забайкалье). *Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Улан-Удэ, Россия, 19 с.
- Иванов, А.В., Трофимова, Л.Н., 1982. Гидрохимия озер Центрального Забайкалья. Дальневосточное книжное издательство, Владивосток, СССР, 140 с.
- Итигилова, М.Ц., Чечель, А.П., Замана, Л.В., Стрижова, Т.А., Котельников, А.М. и др., 1998. Экология городского водоема. Издательство СО РАН, Новосибирск, Россия, 260 с.
- Катанская, В.М., 1981. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Наука, Ленинград, СССР, 187 с.
- Куклин, А.П., 2017. Нитчатые водоросли озера Кенон как объект биоремедиации. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований* 3, 85–88.
- Киприянова, Л.М., Романов, Р.Е., 2013. Сообщества харовых водорослей (Charophyta) водоемов и водотоков севера бессточной области Обь-Иртышского междуречья (Западная Сибирь). *Биология внутренних вод* 3, 17.
- Макрофиты – индикаторы изменений природной среды, 1993. Гейны, С., Сытник, К.М. (ред.). Наукова Думка, Киев, Украина, 434 с.

- Михайлова, К.Б., 2022. Особенности изменения растительного покрова Псковского озера в условиях динамики уровня режима. *Труды ИБВВ РАН* **90** (102), 34–49.
- Обязов, В.А., 2010. Адаптация к изменениям климата: региональный подход. *География и природные ресурсы* **2**, 35–39.
- Оглы, З.П., 2008. К вопросу эвтрофирования озера Кенон. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление* **2**, 93–100.
- Папченков, В.Г., 2013. Степень зарастания Рыбинского водохранилища и продуктивность его растительного покрова. *Биология внутренних вод* **1**, 24–31.
- Поддубный, С.А., Чемерис, Е.В., Кутузов, А.В., Цветков, А.И., Бобров, А.А., 2022. Динамика высшей водной растительности защищенного мелководья в связи с уровнем воды в Волжском плесе Рыбинского водохранилища. *Биология внутренних вод* **2**, 136–146.
- Сизиков, А.Н., Шишкин, Б.А., 1972. Термический режим и биология озера Кенон (водоема-охладителя Читинской ГРЭС). *Записки Забайкальского филиала географического общества СССР* **62**, 1–83.
- Усманова, Л.И., 2012. Современное химико-экологическое состояние оз. Кенон – водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1. В: Шварцев, С.Л. (ред.), *Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами*. Издательство научно-технической литературы, Томск. Россия, 179–181.
- Шишкин, Б.А., Спиглазова, Г.Н., Локоть, Л.И., 1972. Первичная продукция озера Кенон. В: Сизиков, А.И., Шишкин, Б.А. (ред.), *Термический режим и биология озера Кенон*. Читинская областная типография, Чита, СССР, 24–36.
- Auderset Joye, D., Rey-Boissezon, D., 2015. Will charophyte species increase or decrease their distribution in a changing climate? *Aquatic Botany* **120**, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2014.05.003>
- Baastrup-Spohr, L, Iversen, LL, Borum, J, Sand-Jensen, K., 2015. Niche specialization and functional traits regulate the rarity of charophytes in the Nordic countries. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **25**, 609–621.
- Bazarova, B.B., Kuklin, A.P, Matafonov, P.V, Tsybekmitova, G.Ts, Gorlacheva, E.P., Afonina, E.Yu., Tashlykova, N.A., 2019. Long-term dynamics of hydrobiont communities in Kenon Lake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **321**, 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/321/1/012056>
- Brodersen, K.P., Odgaard, B.V., Vestergaard, O., Anderson, N.J., 2001. Chironomidstratigraphy in the shallow and eutrophic Lake Søbygaard, Denmark: chironomid–macrophyte co-occurrence. *Freshwater Biology* **46**, 253–267. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00652.x>
- Hilt, S., Köhler, J., Adrian, R., Monaghan, M.T., Sayer, C.D., 2013. Clear, crashing, turbid and back – long-term changes in macrophyte assemblages in a shallow lake. *Freshwater Biology* **58**, 2027–2036. <https://doi.org/10.1111/fwb.12188>
- Hutorowicz, A., Dziedzic, J., 2008. Long-term changes in macrophyte vegetation after reduction of fish stock in a shallow lake. *Aquatic Botany* **88** (3), 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.11.002>
- Kolada, A., 2014. The effect of lake morphology on aquatic vegetation development and changes under the influence of eutrophication. *Ecological Indicators* **38**, 282–293. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.015>

- Kolada, A., 2021. Charophyta variation in sensitivity to eutrophication affects their potential for the trophic and ecological status indication. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* **422** (3), 12. <https://doi.org/10.1051/kmae/2021030>
- Krause, W., 1981. Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. *Limnologica* **13**, 399–418. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL8110422807>
- Noordhuis, R., van der Molen, D.T., van den Berg, M.S., 2002. Response of herbivorous water-birds to the return of *Chara* in Lake Veluwemeer, The Netherlands. *Aquatic Botany* **72** (3-4), 349–367. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00210-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00210-8)
- Poikane, S., Portielje, R., Denys, L., Elferts, D., Kelly, M., Kolada, A., van den Berg, M., 2018. Macrophyte assessment in European lakes: Divergent approaches but convergent views of 'good' ecological status. *Ecological Indicators* **94**, 185–197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.056>
- Scheffer, M., 2001. Alternative attractors of shallow lakes. *The Scientific World Journal* **1**, 254–263. <https://doi.org/10.1100/tsw.2001.62>
- Scheffer, M., 2004. Ecology of Shallow Lakes. Vol. 20. Springer, Dordrecht, Netherlands, 357 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3154-0>
- Shaltout, K.H., Eid, E.M., El-Komi, T.M., 2016. Phytomass and nutrient value of *Potamogeton crispus* L. in the water courses of Nile Delta, Egypt. *Rendiconti Lincei* **27**, 251–259. <https://doi.org/10.1007/s12210-015-0470-x>
- Søndergaard, M., Phillips, G., Hellsten, S., Kolada, A., Ecke, F. et al., 2013. Maximum growing depth of submerged macrophytes in European lakes. *Hydrobiologia* **704**, 165–177. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1389-1>
- Steinman, A.D., Havens, K.E., Rodusky, A.J., Sharfstein, B., James, R.T., Harwell, M.C., 2002. The influence of environmental variables and a managed water recession on the growth of charophytes in a large, subtropical lake. *Aquatic Botany* **72** (3–4), 297–313. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00207-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00207-8)
- Urbaniak, J., Gąbka, M., 2014. Polish Charophytes. An illustrated guide to identification. Wrocław University of Environmental and Life Sciences Press, Wrocław, Poland, 120 p.
- van den Berg, M.S., Breukelaar, A.W., Breukers, C., Coops, H., Doef, R.W., Meijer, M.-L., 1994. Vegetated areas with clear water in turbid shallow lakes. *Aquatic Botany* **49**, 193–196. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(94\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0304-3770(94)90038-8)
- van den Berg, M.S., Coops, H., Meijer, M.L., Scheffer, M., Simons, J., 1998. Clear water associated with a dense *Chara* vegetation in the shallow and turbid lake Veluwemeer, The Netherlands. In: Jeppesen, E. et al. (eds), *The structuring role of submerged macrophytes in lakes (Ecological Studies. Vol. 131)*. Springer, New York, USA, 339–352. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0695-8_25
- van Donk, E., van de Bund, W.J., 2002. Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany* **72**, 261–274. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00205-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00205-4)

References

- Afonina, E.Yu., Tashlykova, N.A., Itgilova, M.C., 2017. Prostranstvenno-vremennaya dinamika planktonnykh soobshchestv ozera Kenon (po dannym 2010-2015 gg.) [Spatio-temporal dynamics of plankton communities of Lake Kenon (according to 2010–2015 data)]. *Voda: khimiya i ekologiya [Water: Chemistry and Ecology]* **2**, 42–50. (In Russian). <http://www.doi.org/10.18411/2072-8158-2017-2-42-50>

- Auderset Joye, D., Rey-Boissezon, D., 2015. Will charophyte species increase or decrease their distribution in a changing climate? *Aquatic Botany* **120**, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2014.05.003>
- Baastrop-Spohr, L., Iversen, LL, Borum, J, Sand-Jensen, K., 2015. Niche specialization and functional traits regulate the rarity of charophytes in the Nordic countries. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **25**, 609–621.
- Bazarova, B.B., 2012. Mnogoletnie izmeneniya rastitel'nosti ozera Kenon (Zabaikal'skii krai) [Long-term changes in the vegetation of Lake Kenon (Trans-Baikal Territory)] *Izvestiya IGU. Seriya "Biologiya. Ekologiya" [The bulletin of Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology"]* **5** (4), 18–23 (In Russian).
- Bazarova, B.B., Bobrov, A.A., 2018. *Potamogeton octandrus* (Potamogetonaceae) – novyi vid dlya flory Sibiri [*Potamogeton octandrus* (Potamogetonaceae) – a new species for the Siberian flora]. *Botanicheskii zhurnal [Botanical Journal]* **103** (11), 1489–1496. (In Russian).
- Bazarova, B.B., Kuklin, A.P., 2023. Opyt ispol'zovaniya glazomernoy i ekholotnoy s'yemki pri izuchenii pogruzhennoy vodnoy rastitel'nosti ozera Kenon (Vostochnoye Zabaykal'ye) [The experience of using ocular and sonar surveys in the study of submerged aquatic vegetation of Kenon Lake (Eastern Transbaikalia)]. *Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii [Problems of Botany in Southern Siberia and Mongolia]* **22** (2), 34–38. (In Russian). <https://doi.org/10.14258/pbssm.2023092>
- Bazarova, B.B., Gorlacheva, E.P., Matafonov, P.V., 2013. Alien species of Lake Kenon (Transbaikal Region). *Russian Journal of Biological Invasions* **4**, 12–16. <https://doi.org/10.1134/S2075111713010037>
- Bazarova, B.B., Kuklin, A.P., Matafonov, P.V., Tsybekmitova, G.Ts, Gorlacheva, E.P., Afonina, E.Yu., Tashlykova, N.A., 2019. Long-term dynamics of hydrobiont communities in Kenon Lake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **321**, 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/321/1/012056>
- Borutsky, E.V., 1952. Trudy Amurskoi ikhtologicheskoi ekspeditsii, 1945–1949 gg. [Proceedings of the Amur ichthyological expedition, 1945–1949.] *Moskovskoe obshchestvo ispytatelei prirody [Moscow Society of Naturalists]* **3** (32), 1–511. (In Russian).
- Brodersen, K.P., Odgaard, B.V., Vestergaard, O., Anderson, N.J., 2001. Chironomidstratigraphy in the shallow and eutrophic Lake Søbygaard, Denmark: chironomid–macrophyte co-occurrence. *Freshwater Biology* **46**, 253–267. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00652.x>
- Butenko, M.N., Tsybekmitova, G.C., 2017. Dinamika biogenykh elementov (azota i fosfora) v vode ozera Kenon [Dynamics of biogenic elements (nitrogen and phosphorus) in the water of Lake Kenon]. In: Tsybekmitova, G.Tz. (ed.), *Ekologiya vodoemov-okhladitelei energeticheskikh stantsyi [Ecology of reservoirs-coolers of power stations]*. Transbaikal State University, Chita, Russia, 29–32. (In Russian).
- Gaevskaya, N.S., 1966. Rol' vysshikh vodnykh rastenii v pitanii zhivotnykh presnykh vodoyomov [Role of higher aquatic plants in animal nutrition in fresh waters]. Nauka, Moscow, Russia, 327 p. (In Russian).
- Gorlachev, V.P., Gorlacheva, E.P., 2017. Invazii ryb Verkhneamurskogo regiona [Fish invasions of the Upper Amur region]. *Uchenyye zapiski Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific Notes of the Zabaikalsky State University]* **12**, 129–141. (In Russian).
- Hilt, S., Köhler, J., Adrian, R., Monaghan, M.T., Sayer, C.D., 2013. Clear, crashing, turbid and back – long-term changes in macrophyte assemblages in a shallowlake. *Freshwater Biology* **58**, 2027–2036. <https://doi.org/10.1111/fwb.12188>

- Hutorowicz, A., Dziedzic, J., 2008. Long-term changes in macrophyte vegetation after reduction of fish stock in a shallow lake. *Aquatic Botany* **88** (3), 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.11.002>
- Ivanov, A.V., Trofimova, L.N., 1982. *Gidrokimiya ozer Tsentral'nogo Zabaikal'ya* [Hydrochemistry of lakes in Central Transbaikalia]. Far Eastern book publishing house, Vladivostok, USSR, 140 p. (In Russian).
- Itigilova, M.Ts., Chechel, A.P., Zamana, L.V., Strizhova, T.A., Kotel'nikov, A.M. et al., 1998. *Ekologiya gorodskogo vodoema* [Ecology of an urban reservoir]. Nauka, Novosibirsk, Russia, 260 p. (In Russian).
- Katanskaya, V.M., 1981. *Vyshshaya vodnaya rastitel'nost' kontinental'nykh vodoemov SSSR. Metody izucheniya* [Higher aquatic vegetation of continental water bodies of the USSR. Study methods]. Nauka, Leningrad, 187 p. (In Russian).
- Kipriyanova, L.M., Romanov, R.E., 2013. Communities of charophytes in water bodies and water courses in the north of the endorheic basin of the Ob-Irtysh interfluvium (Western Siberia) *Inland Water Biology* **6** (3), 184–193. <https://doi.org/10.1134/S1995082913020053>
- Kolada, A., 2014. The effect of lake morphology on aquatic vegetation development and changes under the influence of eutrophication. *Ecological Indicators* **38**, 282–293. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.015>
- Kolada, A., 2021. Charophyta variation in sensitivity to eutrophication affects their potential for the trophic and ecological status indication. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* **422** (3), 12. <https://doi.org/10.1051/kmae/2021030>
- Krause, W., 1981. Characeen als Bioindikatoren für den Gewässerzustand. *Limnologica* **13**, 399–418. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=PASCAL8110422807>
- Kuklin, A.P., 2017. Nitchatye vodorosli ozera Kenon kak ob'ekt bioremediatsii [Filamentous algae of Lake Kenon as an object of bioremediation] *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy [International Journal of Applied and Basic Research]* **3**, 85–88. (In Russian).
- Makrofity – indykatory izmeneniy prirodnoy sredy [Macrophytes are indicators of changes in the natural environment], 1993. Geiny, S., Sytnikov, K.M. (eds). Naukova Dumka, Kiev, Ukraine, 434 p.
- Mikhailova, K.B., 2022. Osobennosti izmeneniya rastitel'nogo pokrova Pskovskogo ozera v usloviakh dinamiki urovennogo rezhima [Peculiarities of changes in the vegetation cover of Lake Pskov under conditions of the dynamics of the water level regime]. *Trudy IBVV RAN [Proceedings of the Institute for Biology of Inland Waters RAS]* **90** (102), 34–49. (In Russian).
- Noordhuis, R., van der Molen, D.T., van den Berg, M.S., 2002. Response of herbivorous water-birds to the return of *Chara* in Lake Veluwemeer, The Netherlands. *Aquatic Botany* **72** (3–4), 349–367. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00210-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00210-8)
- Obyazov, V.A., 2010. Adaptatsiya k izmeneniyam klimata: regional'nyj podkhod [Climate change adaptation: a regional approach]. *Geografija i prirodnye resursy [Geography and Natural Resources]* **2**, 35–39. (In Russian).
- Ogly, Z.P., 2008. K voprosu evtrofirovaniya ozera Kenon [On the issue of eutrophication of Lake Kenon]. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie [Water Management in Russia: Problems, Technologies, Management]* **2**, 93–100. (In Russian).
- Papchenkov, V.G., 2013. Stepen' zarastaniya Rybinskogo vodokhranilishcha i produktivnost ego rastitel'nogo pokrova [The degree of overgrowth of the Rybinsk reservoir and the productivity of its vegetation cover]. *Biologiya vnutrennikh vod [Biology of Inland Waters]*, **1**, 24–31. (In Russian).

- Poddubnyi, S.A., Chemeris, E.V., Kutuzov, A.V., Tsvetkov, A.I., Bobrov, A.A., 2022. Dynamics of higher aquatic vegetation in protected shallow waters in connection with the water level in the Volzhsky reach of the Rybinsk reservoir [Dinamika vysshei vodnoi rastitel'nosti zashchishchennogo melkovod'ia v sviazi s urovnem vody v Volzhskom plese Rybinskogo vodokhranilishcha]. *Biologiya vnutrennikh vod [Biology of Inland Waters]* **2**, 136–146. (In Russian).
- Poikane, S., Portielje, R., Denys, L., Elferts, D., Kelly, M., Kolada, A., van den Berg, M., 2018. Macrophyte assessment in European lakes: Divergent approaches but convergent views of 'good' ecological status. *Ecological Indicators* **94**, 185–197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.056>
- Sizikov, A.N., Shishkin, B.A., 1972. Termicheskii rezhim i biologiya ozera Kenon (vodoema-okhladitelya Chitinskoi GRES) [Thermal regime and biology of Lake Kenon (reservoir-cooler of the Chita State District Power Plant)]. *Zapiski Zabaikalskogo filiala geograficheskogo obshchestva SSSR [Notes of the Trans-Baikal Branch of the Geographical Society of the USSR]* **62**, 83. (In Russian).
- Usmanova, L.I., 2012. Sovremennoe khimiko-ekologicheskoe sostoyanie oz. Kenon – vodoema okhladitelya Chitinskoi TETS-1 [Modern chemical and ecological state of the lake Kenon - the reservoir of the cooler of the Chita CHPP-1]. In: Shartsev, S.L. (ed.), *Geologicheskaya evoluciya vzaimodeistviya vody s gornymi porodami [Geological evolution of the interaction of water with rocks]*. Tomsk, Russia, 179–181. (In Russian).
- Scheffer, M., 2001. Alternative attractors of shallow lakes. *The Scientific World Journal* **1**, 254–263. <https://doi.org/10.1100/tsw.2001.62>
- Scheffer, M., 2004. Ecology of Shallow Lakes. Vol. 20. Springer, Dordrecht, Netherlands, 357 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3154-0>
- Shaltout, K.H., Eid, E.M., El-Komi, T.M., 2016. Phytomass and nutrient value of *Potamogeton crispus* L. in the water courses of Nile Delta, Egypt. *Rendiconti Lincei* **27**, 251–259. <https://doi.org/10.1007/s12210-015-0470-x>
- Shishkin, B.A., Spiglazova, G.N., Lokot', L.I., 1972. Pervichnaya produktsiya ozera Kenon [Primary production of Lake Kenon]. In: Sizikov A.I., Shishkon, B.A. (eds.), *Termicheskii rezhim i biologiya ozera Kenon [Thermal regime and biology of Lake Kenon]*. Chita Printing House, Chita, Russia, 24–36. (In Russian). Vladimirova, Z.F., 1968. Flora ozera Kenon [Flora of Lake Kenon]. *Uchenye zapiski Chitinskij pedagogicheskogo instituta [Scientific notes of the Chita Pedagogical Institute]* **19**, 118–122. (In Russian).
- Søndergaard, M., Phillips, G., Hellsten, S., Kolada, A., Ecke, F. et al., 2013. Maximum growing depth of submerged macrophytes in European lakes. *Hydrobiologia* **704**, 165–177. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1389-1>
- Steinman, A.D., Havens, K.E., Rodusky, A.J., Sharfstein, B., James, R.T., Harwell, M.C., 2002. The influence of environmental variables and a managed water recession on the growth of charophytes in a large, subtropical lake. *Aquatic Botany* **72** (3–4), 297–313. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00207-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00207-8)
- Urbaniak, J., Gąbka, M., 2014. Polish Charophytes. An illustrated guide to identification. Wrocław University of Environmental and Life Sciences Press, Wrocław, Poland, 120 p.
- van den Berg, M.S., Breukelaar, A.W., Breukers, C., Coops, H., Doef, R.W., Meijer, M.-L., 1994. Vegetated areas with clear water in turbid shallow lakes. *Aquatic Botany* **49**, 193–196. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(94\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0304-3770(94)90038-8)
- van den Berg, M.S., Coops, H., Meijer, M.L., Scheffer, M., Simons, J., 1998. Clear water associated with a dense *Chara* vegetation in the shallow and turbid lake Veluwemeer, The Netherlands. In: Jeppesen,

E. et al. (eds), *The structuring role of submerged macrophytes in lakes (Ecological Studies. Vol. 131)*. Springer, New York, USA, 339–352. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0695-8_25

van Donk, E., van de Bund, W.J., 2002. Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany* **72**, 261–274. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00205-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00205-4)

Vladimirova, Z.F., 1972. Gidrofity oz. Kenon [Hydrophytes of the lake Kenon]. *Otchet za 1971 god po teme GK SM SSSR po nauke i tekhnike "Izucheniye vliyaniya sbrosov vody elektrostantsiya na vodoyem-okhladitel' v usloviyakh Sibiri"* [Report for 1971 on the topic of the Civil Code of the Council of Ministers of the USSR on Science and Technology "Studying the effect of water discharges from a power plant on a cooling pond in Siberia"]. Limnological Institute of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, Irkutsk, USSR, 55–64. (In Russian).

Vladimirova, Z.F., 1979. Vodnaya rastitel'nost' i ee regulirovanie v vodoeme – okhladitele Chitinskoi GRES (oz. Kenon) [Aquatic vegetation and its regulation in the cooling pond of the Chita State District Power Plant (Kenon Lake)]. In: Shishkin, A.B. (ed). *Okhrana prirody i vosproizvodstvo prirodnnykh resursov* [Nature protection and reproduction of natural resources]. Chita Printing House, Chita, Russia, 113–114. (In Russian).

Zamana, L.V., Usmanova, L.I., 2017. Gidrokimiya ozera Kenon – vodoema-okhladitelya Chitinskoi TETS-1 [Hydrochemistry of Lake Kenon, the cooling reservoir of Chita CHPP-1]. In: Tsybekmitova, G.C. (ed), *Ekologiya vodoemov-okhladitelei energeticheskikh stantsii* [Ecology of reservoirs-coolers of power stations]. Transbaikal State University, Chita, Russia, 130–137. (In Russian).

Zolotareva, L.N., 1998. Vodnaya rastitel'nost' ozera Kenon i ee dinamika (Vostochnoe Zabaikal'e) [Aquatic vegetation of Lake Kenon and its dynamics (Eastern Transbaikalia)]. *PhD in Biology thesis abstract*. Ulan-Ude, USSR, 19 p. (In Russian).