

Научная статья  
УДК 574.5  
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-34-42>  
EDN CPXSBJ

## **Экологическая характеристика озера Муй (Западная Карелия) в условиях хозяйственного освоения**

---

*Е. С. Савосин<sup>1</sup>✉, Я. А. Кучко<sup>2</sup>,  
Д. С. Савосин<sup>3</sup>, Н. П. Милянчук<sup>4</sup>, А. Ю. Музалев<sup>5</sup>*

*<sup>1-4</sup>Карельский научный центр Российской академии наук,  
Петрозаводск, Россия, [szhenya@list.ru](mailto:szhenya@list.ru)✉*

*<sup>5</sup>ООО «ЛОИСТО»,  
п.г.т.Муезерский, Республика Карелия, Россия*

---

**Аннотация.** Рассматривается комплексное воздействие садкового выращивания радужной форели на экологическое состояние оз. Муй, расположенного в Республике Карелия. Впервые проведены детальные гидробиологические исследования, данные которых дополняют традиционные гидрологические и гидрохимические анализы, что позволяет получить более полное представление о процессах, происходящих в экосистеме водоема. Результаты гидрологического мониторинга свидетельствуют о пригодности оз. Муй для целей аквакультуры, в частности для разведения форели в садках. Однако гидрохимические показатели, включая концентрацию растворенного кислорода, биогенных элементов и взвешенных веществ, указывают на то, что озеро относится к мезотрофному типу, что подразумевает умеренное содержание органических веществ и питательных элементов. Состояние зоопланктонного сообщества также соответствует мезотрофному статусу озера. Индексы сапробности, характеризующие степень органического загрязнения, находятся в диапазоне 1,72–1,83, что соответствует β-мезосапробной зоне и третьему классу качества воды (умеренно загрязненные воды). Анализ бентосных организмов, обитающих на дне озера, выявил признаки олиго-мезотрофного типа по шкале трофности, по показателю сапробности (2,11) – к мезосапробному типу, что может свидетельствовать о накоплении органических веществ в донных отложениях. Подчеркивается необходимость включения гидробиологических исследований в обязательный перечень при проведении экологических экспертиз водоемов, используемых для садкового выращивания рыбы. Гидробионты – наиболее чувствительные компоненты экосистемы – быстро реагируют на любые изменения, что позволяет своевременно выявлять негативные последствия аквакультуры. Подтверждается целесообразность поддержания объемов производства форели на уровне 200 т/год. Также предлагаются конкретные сроки проведения экологической экспертизы оз. Муй, что позволит обеспечить систематический контроль за состоянием водоема и своевременное принятие мер по его охране.

**Ключевые слова:** водные экосистемы, форелевые фермы, биогены, зоопланктон, зообентос, ихтиофауна, объем выращивания

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке из средств федерального бюджета в рамках НИР FMEN-2022-0007. Авторы выражают искреннюю благодарность директору ООО «ЛОИСТО» К. Е. Степаненко за оказанную финансовую помощь и предоставленную возможность для проведения научных исследований. Также выражаем признательность рыбводам и сотрудникам форелевого хозяйства за помощь в сборе полевых данных.

**Для цитирования:** Савосин Е. С., Кучко Я. А., Савосин Д. С., Милянчук Н. П., Музалев А. Ю. Экологическая характеристика озера Муй (Западная Карелия) в условиях хозяйственного освоения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2026. № 2. С. 34–42. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-34-42>. EDN CPXSBJ.

## Ecological characteristics of Lake Mui (West Karelia) in conditions of economic development

*E. S. Savosin<sup>1</sup>, Ya. A. Kuchko<sup>2</sup>, D. S. Savosin<sup>3</sup>, N. P. Milyanchuk<sup>4</sup>, A. Yu. Muzalev<sup>5</sup>*

<sup>1-4</sup>*Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Petrozavodsk, Russia, szhenya@list.ru*

<sup>5</sup>*LOISTO, LLC,  
Muezersky, Karelia, Russia*

**Abstract.** The presented article considers the complex impact of cage farming of rainbow trout on the ecological state of Lake Mui, located in the Republic of Karelia. For the first time, detailed hydrobiological studies have been conducted, supplementing traditional hydrological and hydrochemical analyses, which allows us to get a more complete picture of the processes occurring in the ecosystem of the reservoir. The results of hydrological monitoring indicate the suitability of Lake Mui for aquaculture purposes, in particular, for trout farming in cages. However, hydrochemical parameters, including the concentration of dissolved oxygen, biogenic elements and suspended solids, indicate that the lake belongs to the mesotrophic type, which implies a moderate content of organic matter and nutrients. The state of the zooplankton community also corresponds to the mesotrophic status of the lake. The saprobity indices characterizing the degree of organic pollution are in the range of 1.72-1.83, which corresponds to the  $\beta$ -mesosaprobic zone and the third class of water quality (moderately polluted waters). The analysis of benthic organisms inhabiting the lake bottom revealed signs of the oligo-mesotrophic type according to the trophic scale, according to the saprobity index (2.11) – to the mesosaprobic type, which may indicate the accumulation of organic matter in the bottom sediments. The article emphasizes the need to include hydrobiological studies in the mandatory list when conducting environmental assessments of water bodies used for cage fish farming. Hydrobionts, as the most sensitive components of the ecosystem, quickly respond to any changes, which allows for the timely detection of negative consequences of aquaculture. In conclusion, the authors confirm the advisability of maintaining trout production volumes at the level of 200 tons per year, as recommended earlier. Also, specific timeframes for conducting an environmental assessment of Lake Mui are proposed, which will ensure systematic monitoring of the state of the reservoir and timely adoption of measures for its protection.

**Keywords:** aquatic ecosystems, trout farms, biogens, zooplankton, zoobenthos, ichthyofauna, farming volume

**Acknowledgements:** the work was carried out with financial support from the federal budget within the framework of the research project FMEN-2022-0007. The authors express their sincere gratitude to K. E. Stepanenko, Director of LOISTO LLC, for the financial assistance provided and the opportunity to conduct scientific research. We would also like to thank the fish farmers and staff of the trout farm for their help in collecting field data.

**For citation:** Savosin E. S., Kuchko Ya. A., Savosin D. S., Milyanchuk N. P., Muzalev A. Yu. Ecological characteristics of Lake Mui (West Karelia) in conditions of economic development. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2026;2:34-42. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2026-2-34-42>. EDN CPXSBJ.

### Введение

Для водных экосистем характерны значительные изменения, вызванные влиянием антропогенного фактора [1–4]. Основными водными объектами хозяйственного воздействия служат внутренние водоемы и водотоки (озера, реки и водохранилища). Для вод Европейского Севера, включая Республику Карелия, уровень восприимчивости к негативным факторам очень высок. Изменение численности популяций и уменьшение уловов ценных промысловых рыб в северных водоемах стимулировало ряд исследований в области биотехнологий культивирования различных водных организмов. Выращивание *Parasalmo mykiss* (Walbaum) успешно ведется в Карелии с 1980-х гг., и в настоящее время объемы производства этого вида значительно выросли. Интенсивный рост разведения форели в северном регионе привел к ускорению процесса эвтрофикации водоемов.

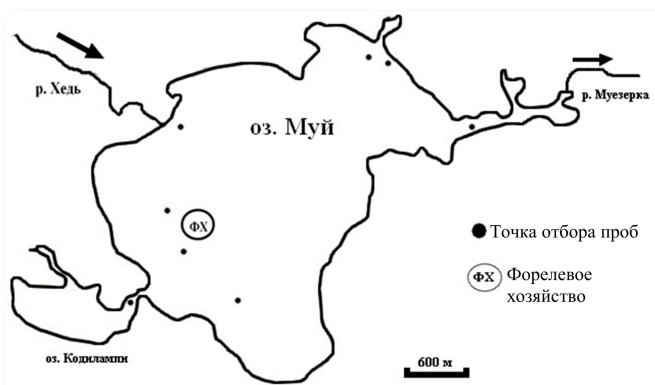
В соседних северных странах аквакультура форели в большей степени ориентирована на морские

акватории, в то время как в Карелии развиваются преимущественно пресноводные хозяйства, поэтому мониторинг при выращивании форели должен быть направлен на поддержание качества природных вод. Ввиду недостаточной изученности оз. Муй и наличия на его территории действующего садкового хозяйства исследование его текущего состояния представляется крайне важным.

*Цель работы* – оценить современное экологическое состояние оз. Муй в условиях его хозяйственного использования.

### Материал и методика

Летом и осенью 2022 г., согласно плану исследований, были выполнены научные изыскания на оз. Муй, находящемся в Муезерском районе. Данный водоем относится к Баренцево-Беломорскому бассейну и входит в водосборный бассейн р. Муезерка (рис.).



Картосхема района исследований оз. Муй

Map of the Mui Lake research area

Непосредственно на акватории озера функционирует форелеводческое хозяйство, проектная мощность которого составляет 200 т в год. В озеро впадает р. Хедь, предварительно протекающая через оз. Хедо, а вытекает р. Муезерка, являющаяся притоком р. Чирко-Кемь. Полная смена водных масс в озере происходит приблизительно дважды в год за счет водообмена с водосборной площади.

Отбор проб осуществлялся как вблизи садков (на расстоянии 20–30 м), так и на удалении от них (около 1,0 км). Гидрохимия водной среды исследовалась в Северной аналитической лаборатории (лицензия № РОСС. RU.0001.21AY63).

Техника отбора проб перифитона соответствовала установленной методике, описанной в работе [5]. Для оценки сапробности вод использовали индексы Пантле – Букк в модификации [6], а также трофический диатомовый индекс TDI [7]. Для получения проб зоопланктона применяли батометр (2 л) с слойным обловом толщи вод, для зообентоса – дночерпатель Экмана – Берджа. Оценивали количественные характеристики сообществ с применением специальных индексов [8, 9], трофность водного объекта [10]. При определении видового состава

использовали необходимые руководства для зоопланктона [11, 12]. Бентические пробы обрабатывали и классифицировали согласно современным пособиям [13–17]. Статистическую обработку проводили в Past и Excel [18]. Органическое загрязнение по макрозообентосу исследовали по хирономидному индексу К, предложенному Е. В. Балужкиной [19], индексу Майера и олигохетному индексу Гуднайта – Уитлея [13]. В соответствии с «Атласом пресноводных рыб России» установлен состав рыбного сообщества [20]. Расчеты биогенной нагрузки проводили по общеизвестным методикам [4, 21, 22] и рекомендациям [23, 24].

Эффективность функционирования рыбной фермы зависит от места расположения площадок, а также гидрологии, гидрохимии и гидробиологии водоемов и используемой технологии кормления. Ключевым условием при эксплуатации форелевых хозяйств является минимизация негативного влияния на водный объект на протяжении всего технологического цикла. Гидрологические параметры оз. Муй (табл. 1) представлены на основании данных водомерного поста Гидрометеослужбы.

Таблица 1

Table 1

Гидрологическая характеристика исследуемого водоема\*

Hydrological characteristics of the studied reservoir

Показатель		Значение
Координаты**		63° 55' N, 31° 40' E
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>		193
Площадь зеркала озера, км <sup>2</sup>		4,6
Ширина, км	Средняя	2,0
	Наибольшая	2,7
Глубина, м	Средняя	5,0
	Наибольшая	18,0
Объем водной массы, млн м <sup>3</sup>		23
Показатель условного водообмена		2,0
Среднегодовой объем притока водных масс, км <sup>3</sup>		46
Среднегодовой расход воды из истока, км <sup>3</sup>		21,8

\* По архивным данным [32]; \*\* по данным Google Maps.

При анализе гидрохимии учитывали данные, полученные до начала функционирования хозяйства и после (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Результаты химического анализа оз. Муй в разные годы  
 Results of chemical analysis of Lake Mui in different years

Показатель	2006 г.		2022 г.	
	Лето	Осень	Лето	Осень
Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /л	9,0	10,2	9,8	10,5
Содержание О <sub>2</sub> , мг/л	6,9	6,7	6,4	6,6
Фосфор Р <sub>общ</sub> , мг/л	9,5	10,8	9,1	9,3
Аммонийный азот NH <sub>4</sub> , мг/л	<0,01	<0,01	0,02	0,02
Нитритный азот NO <sub>2</sub> , мг/л	0,11	0,10	0,37	0,35
Нитратный азот NO <sub>3</sub> , мг/л	<0,006	<0,006	0,006	0,007
Азот N <sub>общ</sub> , мг/л	0,16	0,17	0,20	0,20
Сухой остаток, мг/л	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	<50	<50	51	53
Взвешенные вещества, мг/л	1,3	1,4	1,5	1,8

Водные массы озера относятся к слабокислым, гидрокарбонатно-кальциевому типа. За длительный период (16 лет) отмечены изменения в концентрации аммонийного азота (0,01–0,02 мг/л), нитритного азота (0,10–0,37), общего азота (0,16–0,20 мг/л). В настоящее время значения приблизились к норме ПДК (ОСТ 15.372–87).

Можно заключить, что за продолжительный период исследований оз. Муй из олиготрофного постепенно становится мезотрофным [10, 24]. Флюктуации состава вод, вероятно, связаны как с климатическими факторами, так и с наличием деятельности человека при выращивании радужной форели.

### Результаты и обсуждение

Важно подчеркнуть, что гидробиологическое изучение оз. Муй до настоящего времени не проводилось, что делает представленные данные уникальными. Значимость подобного рода исследований заключается в возможности оценки текущего состояния водной экосистемы и прогнозирования ее изменений под влиянием различных факторов благодаря относительно малому по времени жизненному циклу беспозвоночных [11, 14].

**Фитопланктон.** В составе фитопланктонного сообщества были идентифицированы представители различных отделов водорослей (Cyanophyta, Chrysophyta, Dinophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Cryptophyta) со средними количественными характеристиками фитопланктона (33 · 10<sup>4</sup> кл./л и 0,28 г/м<sup>3</sup>). Доминирующая роль принадлежит представителю диатомовых *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kurtz. Обнаружение значительного числа видов-ин-

дикаторов, толерантных к органическому загрязнению, говорит о выраженном потенциале самоочищающей способности водоема. Средние значения индексов сапробности изменялись от 0,7 до 1,6 по Пантле – Букк (Sládeček, 1973) и от 1,9 до 2,7 по TDI, что соответствует β-мезосапробной зоне. Примечательно, что случаев преобладания опасных зеленых и сине-зеленых водорослей в оз. Муй зафиксировано не было, что свидетельствует об отсутствии критической стадии эвтрофикации водной экосистемы. На основании полученных данных все исследованные участки озера можно классифицировать как мезотрофные [10].

**Зоопланктон.** В водоеме было выявлено 34 вида, Rotifera представлены 7 видами, ветвистоусые ракообразные Cladocera – 19 видами, а веслоногие ракообразные Copepoda – 8 видами.

Зоопланктофауна в основном формируется Cladocera за счет эвритопных пелагических видов: *Daphnia cristata* Sars, *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Limnospira frontosa* Sars, *Chydorus sphaericus* (O. F. Muller), *Bosmina coregoni* Baird, *B. longirostris* (O. F. Muller), *B. longispina* Leydig. В составе сообщества доля ветвистоусых ракообразных достигала 75 %, циклопид (Mesocyclops и Thermocyclops) – 15 %, калянид (*Eudiaptomus gracilis* Sars) – 7 %, а коловратки – 3 % от общей биомассы. Доминируют представители северной фауны: *Kellicottia longispina* Kellicott, *Asplanchna priodonta* Gosse, *Keratella cochlearis* (Gosse) и *Polyarthra dolychoptera* Idelson.

В летний период в пробах преобладали *D. cristata*, *B. coregoni*, *B. longirostris* (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Структурные показатели зоопланктона оз. Муй  
 Structural indicators of zooplankton of the Lake Mui

Показатель	Лето	Осень
Общее число видов	26	22
Число видов в пробе	18,5 ± 2,9	12,9 ± 1,2
Индекс Шеннона	2,12 ± 0,30	1,75 ± 0,32
Средняя численность (min–max), тыс. экз./м <sup>3</sup>	38,3 (9,8–63,3)	23,2 (6,8–52,2)
Средняя биомасса (min–max), г/м <sup>3</sup>	1,32 (0,40–2,12)	1,20 (0,36–1,80)
Индекс сапробности Пантле – Букк	1,83 ± 0,22	1,72 ± 0,13
Доминирующий комплекс	<i>Bosmina longirostris</i> , <i>Bosmina coregoni</i> , <i>Daphnia cristata</i>	<i>Daphnia cristata</i> , <i>Bosmina coregoni</i> , <i>Bosmina longirostris</i>
Типизация водоема	α-мезотрофный, β-мезосапробный	β-олиготрофный, β-мезосапробный

В осенний период с понижением температуры воды наблюдается закономерное снижение количественных характеристик зоопланктона, однако доминирующее положение по-прежнему занимают Cladocera. Согласно показателям зоопланктофауны (см. табл. 3), оз. Муй может быть отнесено к мезотрофному типу [10, 11]. Индекс сапробности (1,77–1,83) указывает на умеренную степень загрязнения и соответствует 2–3 классу качества воды.

**Макрозообентос.** Благодаря адаптивным свойствам зообентоса, а также относительно крупным размерам и приуроченности к конкретным биотопам, донные организмы способны аккумулировать вещества, оказывающие влияние на состояние водных экосистем [14, 25]. Сообщество зообентоса испытывает ошутимое негативное воздействие со стороны форелеводческого хозяйства. Продукты метаболизма рыб, неиспользованный корм и остатки лекарственных препаратов оседают на дно, что приводит к доминированию в бентосных сообществах устойчивых к загрязнению личинок хирономид и олигохет. Донные отложения в исследуемом озере представлены преимущественно песчаными и илисто-песчаными грунтами. В 2022 г. определено более 20 таксонов в донном сообществе (Chironomidae – 13, Oligochaeta – 3, остальные – 8). Среди них: *Chi-*

*ronomus anthracinus* Zetterstedt, 1860, *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758), *Tanytarsus* sp., *Stictochironomus crassiforceps* (Kieffer, 1921), *Cognettia glandulosa* (Michaelsen, 1888) (Enchytraeidae), характеризующиеся высокой адаптивностью и толерантностью к неблагоприятным условиям среды. Кроме того, и в осенний, и в летний периоды встречались представители двустворчатых (Bivalvia). Водоем характеризуется невысокими показателями биомассы и численности зообентоса, что обусловлено, в первую очередь, низким видовым разнообразием, определяемым основными таксономическими группами, а также региональными особенностями северных малопродуктивных водоемов. Так, показатели численности и биомассы зообентоса в озере изменялись от 60 экз./м<sup>2</sup> и 0,23 г/м<sup>2</sup> в зоне глубин менее 10 м до 280 экз./м<sup>2</sup> и 3,8 г/м<sup>2</sup> в условиях заиленного грунта. В литоральной зоне отмечено наибольшее видовое разнообразие, количественно выраженное биомассой 1,78 г/м<sup>2</sup> при численности 720 экз./м<sup>2</sup>. Состав макрозообентоса был постоянен на протяжении всего периода исследования, с добавлением единичных находок новых таксонов в зоне мелководья (Trichoptera, Ephemeroptera, Sialidae, Coleoptera). Подробная характеристика зообентоса озера в разные сезоны представлена в табл. 4.

Таблица 4

Table 4

Средняя численность и биомасса макрозообентоса оз. Муй  
 Average number and biomass of macrozoobenthos of the Lake Mui

Показатель	Лето					Осень				
	N*, экз./м <sup>2</sup>	N, %	B, г/м <sup>2</sup>	B, %	F, %	N, экз./м <sup>2</sup>	N, %	B, г/м <sup>2</sup>	B, %	F, %
Chironomidae	110	20,0	0,63	38,7	100,0	137	25,0	0,43	34,4	87,5
Oligochaeta	220	40,0	0,32	19,6	28,5	230	42,0	0,15	12,0	25,0
Bivalvia	80	14,5	0,27	16,6	50,0	84	15,2	0,24	19,2	62,5
Ceratopogonidae	20	3,6	0,01	0,6	14,3	–	–	–	–	–

Окончание табл. 4

Ending of Table 4

Показатель	Лето					Осень				
	<i>N</i> *, экз./м <sup>2</sup>	<i>N</i> , %	<i>B</i> , г/м <sup>2</sup>	<i>B</i> , %	<i>F</i> , %	<i>N</i> , экз./м <sup>2</sup>	<i>N</i> , %	<i>B</i> , г/м <sup>2</sup>	<i>B</i> , %	<i>F</i> , %
Ephemeroptera	40	7,4	0,11	6,8	28,5	20	3,6	0,15	9,2	25,0
Diptera (Chaoboridae)	40	7,4	0,11	6,8	28,5	–	–	–	–	–
Others	80	14,5	0,29	17,7	28,5	80	14,6	0,3	17,2	37,5
<i>Total</i>	550	100	1,63	100	–	551	100	1,25	100	–

\**N* – средняя численность; *N*, % – относительная численность; *B* – средняя биомасса; *B*, % – относительная биомасса; *F*, % – встречаемость таксонов от общего числа проб.

Оценка качества воды по хирономидному индексу [19], равному 1,54, и индексу Майера позволяет отнести озеро ко 2–3 классу качества, что соответствует умеренной степени загрязненности. Олигохетный индекс Гуднайта – Уитлея (OI = 31 %), основанный на соотношении численности олигохет к общей численности организмов макрозообентоса, также указывает на 2–3 класс качества воды, характеризующийся незначительным загрязнением. На основании этих данных исследованное озеро, согласно шкале трофности, может быть охарактеризовано как олиготрофное с элементами мезотрофии [10]. Оценка индекса сапробности Пантле – Букк (2,11), варьирующего от 1,50 до 3,33 в зависимости от биотопа, с использованием 8 таксонов макрозообентоса (видов-индикаторов), позволяет отнести водоем к β-мезосапробному типу.

**Ихтиофауна.** В оз. Муй идентифицировано 8 видов рыб, принадлежащих к 5 различным семействам: сиг (*Coregonus lavaretus* (L.)), европейская корюшка (*Coregonus albula* (L.)), обычная щука (*Esox lucius* L.), лещ (*Abramis brama* (L.)), плотва (*Rutilus rutilus* (L.)), налим (*Lota lota* (L.)), речной окунь (*Perca fluviatilis* L.) и ерш (*Gymnocephalus cernuus* (L.)). Наличие сиговых рыб, таких как сиг и корюшка, позволяет классифицировать оз. Муй как водоем высшей рыбохозяйственной категории. Кроме того, эти ценные виды рыб являются инди-

каторами экологического состояния водных экосистем, отражая их здоровье.

### Расчеты биогенной нагрузки

Для создания рыбоводных комплексов крайне важно определить допустимые объемы выращивания рыбы, которые не наносят вреда. Выращивание садковой рыбы в пресноводной экосистеме базируется на важных параметрах, характеризующих гидрологические и морфологические особенности водного объекта, помогающие в совокупности определить оптимальные объемы производства [21]. Процесс разведения форели неизменно связан с поступлением в водную среду большого количества органического вещества и биогенов с используемым кормом.

Основная доля азотной нагрузки обусловлена выделением аммиака через ткани рыбы. Таким образом, состав кормов и методы кормления оказывают существенное влияние на концентрацию биогенов в воде. При расчетах объема выращивания форели на оз. Муй с использованием кормов различных производителей (Норвегия, Швеция и Финляндия) применялся нормативный коэффициент конверсии корма в диапазоне 1,1–1,3. Данные об объемах выращивания форели, биогенной нагрузке от форелевых хозяйств, а также естественной, допустимой и критической нагрузке для оз. Муй представлены в табл. 5.

Таблица 5

Table 5

### Биогенная нагрузка на оз. Муй

#### Biogenic load on the Lake Mui

Показатель	Значение
Объем выращивания форели, т/год	200
Средняя глубина в районе установки садков, м	7,5
Биогенная нагрузка от форелевой фермы, г/м <sup>2</sup> в год	
Фосфор	0,02
Азот	0,16
Биогенная нагрузка естественная, г/м <sup>2</sup> в год	
Фосфор	0,05
Азот	1,20

Показатель	Значение
Биогенная нагрузка суммарная, г/м <sup>2</sup> в год	
Фосфор	0,07
Азот	1,36
Биогенная нагрузка допустимая, г/м <sup>2</sup> в год	
Фосфор	0,08
Азот	1,30
Биогенная нагрузка опасная, г/м <sup>2</sup> в год	
Фосфор	0,17
Азот	2,50

Анализ биогенной нагрузки на водоем при проектной мощности хозяйства 200 т/год не выявил превышения допустимых значений. Важным положительным фактором является высокая скорость течения воды в районе расположения садков, что способствует вымыванию значительной части биогенов за пределы озера.

### Заключение

По результатам проведенной работы была дана всесторонняя оценка экологического состояния оз. Муй при его хозяйственном освоении. Анализ гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров показал, что озеро отвечает критериям, предъявляемым к водоемам, используе-

мым для выращивания товарной форели. Впервые в рамках данного исследования представлены результаты анализа гидробиологических характеристик озера и аргументирована необходимость их включения в комплексные исследования состояния водных объектов, т. к. именно они наиболее быстро отражают изменения, происходящие в водной среде. На основании комплексного анализа полученных данных о состоянии экосистемы оз. Муй сделан вывод о возможности поддержания текущего объема производства форели на уровне 200 т в год при условии соблюдения всех необходимых нормативных требований, что, к сожалению, не всегда соблюдается в других форелевых хозяйствах.

### Список источников

- Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 147 с.
- Павлов Д. С., Стриганова Б. Р. Биологические ресурсы России и основные направления фундаментальных исследований // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. С. 4–20.
- Дгебуадзе Ю. Ю. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований // Рос. журн. биол. инвазий. 2014. № 1. С. 2–8.
- Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Кучко Я. А. и др. Состояние пресноводных водоемов Карелии с товарным выращиванием радужной форели в садках. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. 127 с.
- Комулайнен С. Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. 43 с.
- Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse der Limnologie. Schweizerbart, 1973. 218 p.
- Kelly M. G., Whitton B. A. The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers // J. of Applied Phycology. 1995. N. 7. P. 433–444.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие. М.: Мир, 1992. 184 с.
- Куликова Т. П. Зоопланктон озер Карелии. Озера Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 144–147.
- Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
- Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. Т. 1. Зоопланктон. 495 с.
- Вшивкова Т. С., Иваненко Н. В., Якименко Л. В., Дроздов К. А. Введение в биомониторинг пресных вод: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. 240 с.
- Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–72.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. Т. 2. Зообентос. 457 с.
- Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe // Lauterbornia. 2009. V. 66. P. 1–235.
- De Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., Bjørn PdP., Los W., Steeman F., Bailly N., Basire C., Chylarecki P., Stloukal E., Hagedorn G., Wetzel F., Glöckler F., Kroupa A., Korb G., Hoffmann A., Häuser C., Kohlbecker A., Müller A., Güntsch A., Stoev P., Penev L. Fauna Europea – all European animal species on the web // J. Biodiversity. 2014. V. 2. P. 35–48.
- Hammer O. P., Harper D. A., Ryan P. D. Palaeontological statistics software package for education and data analysis // J. Palaeontologia Electronica. 2001. V. 4. P. 1–9.
- Балушкина Е. В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным харак-

теристика донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб.: ЗИН РАН, 1997. С. 266–292.

20. Атлас пресноводных рыб России. М.: Наука, 2002. Т. 1. 379 с.; Т. 2. 253 с.

21. Китаев С. П., Ильмаст Н. В., Стерлигова О. П. Методы оценки биогенной нагрузки от форелевых ферм на водные экосистемы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 40 с.

22. Wallin M., Hakanson L. Nutrient loading models for estimating the environmental effects marine fish farm Ma-

rine aquaculture and environment // Nord: 22. Norway. 1991. P. 39–56.

23. Михайленко В. Г., Стерлигова О. П. Некоторые экологические аспекты садкового выращивания радужной форели // Тр. КарНЦ РАН. 2021. № 12. С. 82–90.

24. Фрумин Г. Т., Кулинкович А. В., Горельшев А. Ю. Методы расчета допустимых фосфорных нагрузок на озера // Тр. КарНЦ РАН. 2021. Вып. 4. С. 163–168.

25. Яковлев В. А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура, антропогенная динамика). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. Ч. 1. 161 с.

## References

1. Alimov A. F. *Elementy teorii funkcionirovaniya vodnyh ekosistem* [Elements of the theory of functioning of aquatic ecosystems]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 2000. 147 p.

2. Pavlov D. S., Striganova B. R. Biologicheskie resursy Rossii i osnovnye napravleniya fundamental'nyh issledovaniy [Biological resources of Russia and the main directions of fundamental research]. *Fundamental'nye osnovy upravleniya biologicheskimi resursami*. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2005. Pp. 4–20.

3. Dgebuadze Yu. Yu. Chuzherodnye vidy v Golarktike: nekotorye rezul'taty i perspektivy issledovaniy [Alien species in the Holarctic: some research results and prospects]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invazij*, 2014, no. 1, pp. 2–8.

4. Sterligova O. P., Il'mast N. V., Kuchko Ya. A. i dr. *Sostoyanie presnovodnykh vodoemov Karelii s tovarnym vyrashchivaniem raduzhnoj foreli v sadkah* [The state of freshwater reservoirs in Karelia with commercial cultivation of rainbow trout in cages]. Petrozavodsk, KarNC RAN, 2018. 127 p.

5. Komulajnen S. F. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu fitoperifitona v mal'nykh rekakh* [Methodological recommendations for the study of phytoplankton in small rivers]. Petrozavodsk, KarNC RAN, 2003. 43 p.

6. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnologie*. Schweizerbart, 1973. 218 p.

7. Kelly M. G., Whitton B. A. The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. of Applied Phycology*, 1995, no. 7, pp. 433–444.

8. Megarran E. *Ekologicheskoe raznoobrazie* [Ecological diversity]. Moscow, Mir Publ., 1992. 184 p.

9. Kulikova T. P. *Zooplankton ozer Karelii. Ozera Karelii* [Zooplankton of Karelian lakes. Lakes of Karelia]. Petrozavodsk, KarNC RAN, 2013. Pp. 144–147.

10. Kitaev S. P. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtiologov* [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, KarNC RAN, 2007. 395 p.

11. Andronikova I. N. *Strukturno-funkcional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov* [Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems of various trophic types]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 1996. 189 p.

12. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropejskoj Rossii* [Determinant of zooplankton and zoo-benthos in fresh waters of European Russia]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. Vol. 1. Zooplankton. 495 p.

13. Vshivkova T. S., Ivanenko N. V., Yakimenko L. V., Drozdov K. A. *Vvedenie v biomonitoring presnykh vod:*

*uchebnoe posobie* [Introduction to freshwater biomonitoring: a textbook]. Vladivostok, Izd-vo VGUES, 2019. 240 p.

14. Bakanov A. I. Ispol'zovanie zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoemov (obzor) [The use of zoobenthos for monitoring freshwater reservoirs (overview)]. *Biologiya vnutrennih vod*, 2000, no. 1, pp. 68–72.

15. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropejskoj Rossii* [The use of zoobenthos for monitoring freshwater reservoirs (overview)]. Moscow, Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2016. Vol. 2. Zoobenthos. 457 p.

16. Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. *Lauterbornia*, 2009, vol. 66, pp. 1–235.

17. De Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., Bjørn PdP., Los W., Steeman F., Bailly N., Basire C., Chylarecki P., Stloukal E., Hagedorn G., Wetzel F., Glöckler F., Kroupa A., Korb G., Hoffmann A., Häuser C., Kohlbecker A., Müller A., Güntsch A., Stoev P., Penev L. Fauna Europea – all European animal species on the web. *J. Biodiversity*, 2014, vol. 2, pp. 35–48.

18. Hammer O. R., Harper D. A., Ryan P. D. Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *J. Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, pp. 1–9.

19. Balushkina E. V. Primenenie integral'nogo pokazatelya dlya ocenki kachestva vod po strukturnym harakteristikam donnykh soobshchestv [The use of an integral indicator to assess water quality based on the structural characteristics of bottom communities]. *Reaktsiya ozernykh ekosistem na izmenenie bioticheskikh i abioticheskikh uslovij*. Saint Petersburg, ZIN RAN, 1997. Pp. 266–292.

20. *Atlas presnovodnykh ryb Rossii* [Atlas of freshwater fishes of Russia]. Moscow, Nauka Publ., 2002. Vol. 1. 379 p.; Vol. 2. 253 p.

21. Kitaev S. P., Il'mast N. V., Sterligova O. P. *Metody ocenki biogennoj nagruzki ot forelevykh ferm na vodnye ekosistemy* [Methods for assessing the biogenic load from trout farms on aquatic ecosystems]. Petrozavodsk, KarNC RAN, 2006. 40 p.

22. Wallin M., Hakanson L. Nutrient loading models for estimating the environmental effects marine fish farm Marine aquaculture and environment. *Nord: 22. Norway*, 1991, pp. 39–56.

23. Mihajlenko V. G., Sterligova O. P. Nekotorye ekologicheskie aspekty sadkovogo vyrashchivaniya raduzhnoj foreli [Some ecological aspects of cage rearing of rainbow trout]. *Trudy KarNC RAN*, 2021, no. 12, pp. 82–90.

24. Frumin G. T., Kulinkovich A. V., Gorelyshev A. Yu. Metody rascheta dopustimyh fosfornykh nagruzok na ozera [Methods for calculating permissible phosphorus loads on lakes]. *Trudy KarNC RAN*, 2021, iss. 4, pp. 163–168.

25. Yakovlev V. A. *Presnovodnyj zoobentos Severnoj Fennoskandii (raznoobrazie, struktura, antropogennaya dinamika)* [Freshwater zoobenthos of Northern Fennoscandia (di-

versity, structure, anthropogenic dynamics)]. Apatity, Izd-vo KNCRAN, 2005. Part 1. 161 p.

Статья поступила в редакцию 26.06.2025; одобрена после рецензирования 12.08.2025; принята к публикации 06.05.2026  
The article was submitted 26.06.2025; approved after reviewing 12.08.2025; accepted for publication 06.05.2026

### Информация об авторах / Information about the authors

**Евгений Сергеевич Савосин** – кандидат биологических наук; научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Карельский научный центр Российской академии наук; szhenya@list.ru

**Evgeny S. Savosin** – Candidate of Biological Sciences; Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; szhenya@list.ru

**Ярослав Александрович Кучко** – кандидат биологических наук; научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Карельский научный центр Российской академии наук; y-kuchko@mail.ru

**Yaroslav A. Kuchko** – Candidate of Biological Sciences; Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; y-kuchko@mail.ru

**Денис Сергеевич Савосин** – кандидат биологических наук; младший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Карельский научный центр Российской академии наук; sadenser@inbox.ru

**Denis S. Savosin** – Candidate of Biological Sciences; Junior Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; sadenser@inbox.ru

**Николай Петрович Миланчук** – младший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Карельский научный центр Российской академии наук; milyanchuk90@mail.ru

**Nikolay P. Milyanchuk** – Junior Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; milyanchuk90@mail.ru

**Александр Юрьевич Музалев** – руководитель по развитию рыбоводства; ООО «ЛОИСТО»; a.muzalev@lousto.ru

**Alexander Yu. Muzalev** – Head of Fish Farming Development; LOISTO LLC; a.muzalev@lousto.ru

