

Научная статья
УДК 574.58:639.31(470.22)
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-4-25-33>
EDN ISVVZF

Гидробиологические сообщества залива Кумоланлахти Ладожского озера в условиях рыбоводной деятельности

Н. В. Ильмаст[✉], Я. А. Кучко, Е. С. Савосин, Д. С. Савосин, Н. П. Милянчук

*Карельский научный центр Российской академии наук,
Петрозаводск, Россия, ilmast@mail.ru[✉]*

Аннотация. В Республике Карелии форелеводство является перспективным и рентабельным направлением производства рыбной продукции, т. к. регион обладает большим запасом водных ресурсов, благоприятными условиями климата, транспортными коммуникациями. Активное развитие аквакультуры становится причиной поступления в водоемы большого количества биогенных элементов, при этом трансформация органических веществ в северных экосистемах идет крайне медленно. В результате ухудшается качество воды и кислородный режим, отмечается ежегодное «цветение» воды, идет усиленное заиливание грунтов, происходят структурные перестройки гидробиологических сообществ, что может привести к необратимым явлениям в водных экосистемах. Приведены результаты исследования гидрохимического и гидробиологического режимов в районе расположения форелевого садкового хозяйства в заливе Кумоланлахти Ладожского озера. Химический анализ воды свидетельствует о том, что в целом показатели воды в исследуемой акватории не превышают предельно допустимых концентраций и отвечают требованиям для выращивания радужной форели (*Parasalmo mykiss*). Полученные результаты работы говорят о сходстве в видовом разнообразии и количественных показателях гидробиологических сообществ (планктон, бентос) ранее выполненных исследований. Показано, что практически не изменился и состав доминирующих гидробиологических комплексов. По уровню развития количественных показателей зоопланктона и макрозообентоса залив Кумоланлахти соответствует олиго-мезотрофному типу. Для снижения воздействия рыбоводного хозяйства на водный объект необходимо соблюдать биотехнику выращивания рыбы, для предотвращения накопления донных отложений под садками проводить передислокацию садковых модулей в пределах отведенной акватории, а также использовать новейшие российские и зарубежные технологии сбора и утилизации отходов производства.

Ключевые слова: рыбоводное предприятие, радужная форель, гидрохимический режим, зоопланктон, макрозообентос, численность, биомасса

Благодарность: финансирование работ осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Карельского научного центра РАН.

Для цитирования: Ильмаст Н. В., Кучко Я. А., Савосин Е. С., Савосин Д. С., Милянчук Н. П. Гидробиологические сообщества залива Кумоланлахти Ладожского озера в условиях рыбоводной деятельности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2025. № 4. С. 25–33. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-4-25-33>. EDN ISVVZF.

Original article

Hydrobiological communities of Lake Ladoga Kumolanlahti Bay in conditions of fish farming

N. V. Ilmast[✉], Ya. A. Kuchko, E. S. Savosin, D. S. Savosin, N. P. Milyanchuk

*Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
Petrozavodsk, Russia, ilmast@mail.ru[✉]*

Abstract. Trout farming in the Republic of Karelia is profitable and promising because the region has great water resources, a favourable climate and good transportation facilities. The vigorous development of aquaculture is due to an abundance of nutrients supplied into Karelia's water bodies. However, organic substances in northern ecosystems are transformed very slowly. As a result, the water quality and oxygen regime are deteriorated, water “blooming” is observed every year, the bottoms of the water bodies are heavily silted and the hydrobiological communities are restructured. These processes may lead to irreversible phenomena in aquatic ecosystems. The paper contains the results of the study of hydrochemical and hydrobiological regimes in Lake Ladoga Kumolanlahti Bay, where a pond hatchery is

located. The chemical analysis of water samples from the bay shows that the water indices for study area generally do not exceed maximum allowable concentrations and meet rainbow trout (*Parasalmo mikiss*) rearing requirements. The results of the studies indicate a similarity in the species diversity and abundance of hydrobiological communities (plankton, benthos) revealed in earlier studies. It is shown that the composition of the dominant hydrobiological complexes remains practically unchanged. Lake Ladoga Kumolanlahti Bay corresponds to an oligo-mesotrophic type, based on the abundance of zooplankton and macrozoobenthos. To reduce the effect of fish hatcheries on a water body, fish cultivation biotechnology should be observed. The accumulation of bottom sediments beneath fish ponds should be prevented by relocating fish pond modules within the corresponding water area and by using up-to-date Russian and foreign technologies for collecting and utilizing production waste.

Keywords: fish farming enterprise, rainbow trout, hydrochemical regime, zooplankton, macrozoobenthos, abundance, biomass

Acknowledgements: the work was funded from the federal budget to fulfill the state assignment of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Ilmast N. V., Kuchko Ya. A., Savosin E. S., Savosin D. S., Milyanchuk N. P. Hydrobiological communities of Lake Ladoga Kumolanlahti Bay in conditions of fish farming. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*. 2025;4:25-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-4-25-33>. EDN ISVVZF.

Введение

Биологические ресурсы традиционно являются одним из важнейших факторов социально-экономического развития России. Снижение добычи ценных промысловых видов рыб привело к активному их выращиванию в искусственных условиях. В Республике Карелии основным направлением рыбоводства является садковое форелеводство. В настоящее время в республике функционирует более 70 предприятий аквакультуры [1].

Следствием увеличения объемов выращивания рыбы становится усиленное эвтрофирование водных объектов. Основными источниками загрязнения выступают корма и продукты метаболизма рыб. В скандинавских странах, занимающихся производством аквакультуры (Норвегия, Дания, Финляндия), уже в конце 1990 гг. до 80 % биогенов поступало в моря. В Карелии рыбоводные предприятия расположены главным образом на внутренних водоемах – источниках пресной воды. В результате активного поступления биогенов ухудшается качество воды, идет усиленное заиливание грунтов, меняются гидро-биологические показатели [1–6].

Учитывая постоянно растущие объемы выращивания радужной форели в пресноводных водоемах

Карелии, весьма актуальным является проведение регулярных мониторинговых исследований состояния водоемов с товарным выращиванием рыбы.

Целью исследования является оценка состояния залива Кумоланлахти Ладожского озера в районе рыбоводного предприятия.

Материал и методы

Мониторинг залива Кумоланлахти Ладожского озера был проведен в летне-осенний период 2023 г. на акватории рыбоводного предприятия. Проектная мощность рыбоводного участка залива Кумоланлахти составляет 420 т/год.

Ладожское озеро (бассейн Балтийского моря) расположено на водосборе р. Невы (61° 09' с. ш., 31° 20' в. д.). Озеро вытянуто с северо-запада на юго-восток и условно разделено на северную и южную части, которые различаются по геоморфологии, физическим и биологическим признакам, продуктивности и промыслу [7, 8]. Это самый крупный пресноводный водоем Европы. Площадь водной поверхности составляет 17 700 км². Водоем глубоководный, наибольшая глубина – 230 м, средняя – 51 м [9]. Лимнологические показатели водоема приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Лимнологические показатели Ладожского озера

Limnological indicators of Lake Ladoga

Показатель	Величина
Площадь зеркала озера, км ²	17 700
Площадь островов, км ²	457
Длина береговой линии, км	1 570
Объем озера, км ³	910
Длина озера, км	219
Ширина средняя, км	81
Ширина наибольшая, км	112
Глубина средняя, м	51
Глубина наибольшая, м	230
Площадь водосбора, км ²	258 300

Залив Кумоланлахти имеет длину около 3 км, среднюю ширину около 400 м. Максимальные глубины по центральной оси акватории залива достигают 26 м, средняя глубина составляет 10 м. В залив впадает р. Ихала (Иййоки) со средним годовым расходом воды около 3,5 м³/с.

В хозяйственном отношении акватория залива используется в рекреационных целях. Здесь оби-

тают практически все виды рыб Ладожского озера, в том числе такие ценные виды, как паляя, лосось, кумжа, ряпушка, сиг.

Станции отбора проб (воды, планктона и бентоса) были расположены в районе рыбоводного предприятия (опыт) и на расстоянии 2,0 км от них (контроль). Схема расположения комплексных гидробиологических станций приводится на рис.

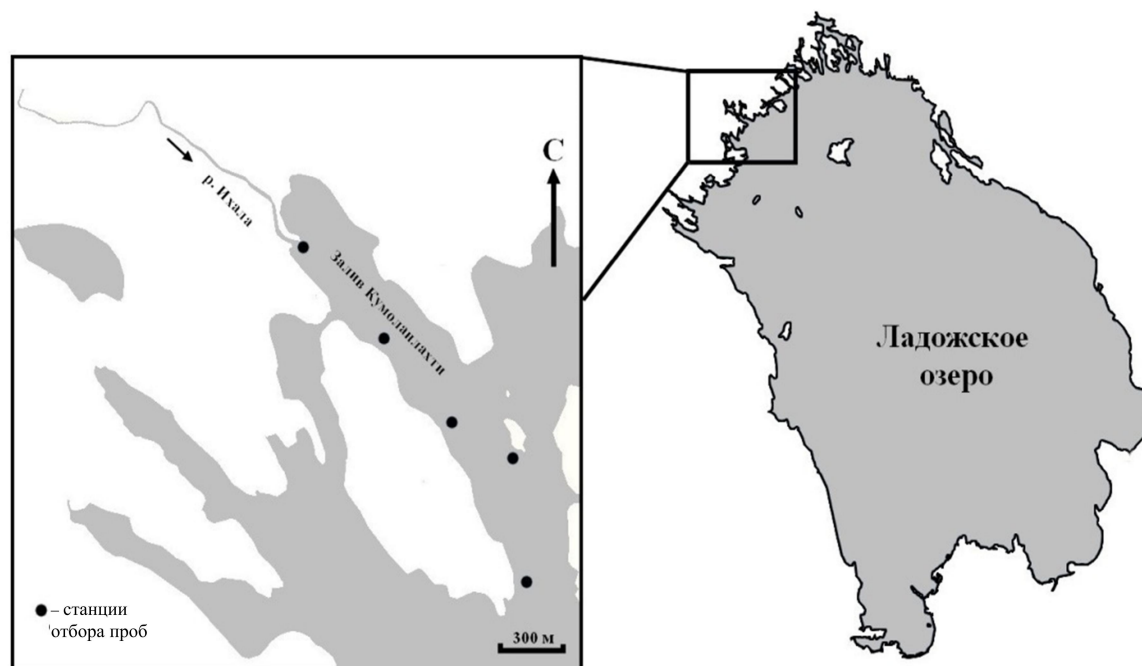


Схема расположения комплексных станций на рыбоводном участке Ладожского озера

The layout of the integrated stations on the fish-breeding area of Lake Ladoga

Химический анализ воды выполнен лицензированной лабораторией (ООО «СЕВАЛ», лиц. РОСС. RU.0001.21AY63).

Зоопланктон отбирался как в пелагической, так и в литоральной частях водного объекта. Камеральная обработка проводилась по общепринятым методикам [10–14]. Оценивались видовой состав, численность (N), биомасса (B) зоопланктона, индикаторные показатели (индекс Шеннона, индекс Бергера – Паркера), трофность водоема определялась по [15].

Для отбора проб зообентоса использовали дночерпатель (площадь захвата 0,025 м²). Камеральную обработку проводили с помощью бинокулярного микроскопа Micromed MC-2-ZOOM, беспозвоночных сортировали по таксономическим группам и взвешивали на весах DA-124C (BEL Engineering) с точностью 0,1 мг. Виды определяли с использованием современных руководств [13, 16–18], названия

видов – с использованием баз данных Fauna Europea [19].

Для оценки экологического качества вод применяли методики Пантле – Букка (в модификации Сладечека), Майера (S), Гуднайта – Уитлея [20], с использованием видов-индикаторов зообентоса определяли сапробность [21], хирономидный индекс (K) оценивал степень загрязнения вод [22]. Математическая обработка материала производилась при помощи программы Microsoft Excel, PAST 3.18 [23].

Результаты исследования и обсуждение

Гидрохимические показатели. Гидрохимический режим залива Кумоланлахти Ладожского озера связан с поступлением поверхностного, подземного и антропогенного стока речного стока, а также атмосферных осадков. Химические показатели воды представлены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Химический состав воды залива Кумоланлахти (06 июля 2023 г.)

Chemical composition of the water of Kumolanlahti Bay (06 July 2023)

Показатель	Единица измерения	Залив Кумоланлахти		Контроль	
		1*	2	3	4
Фосфор общий	мг/л	< 0,02			
Азот общий		< 1			
Ион аммония		< 0,5			
Нитрат-ион		< 0,2			
pH	ед. pH	6,29 ± 0,05	6,15 ± 0,05	6,42 ± 0,05	6,15 ± 0,05
Сухой остаток	мг/л	74 ± 14	78 ± 15	76 ± 14	79 ± 15
Окисляемость перманганатная		9,7 ± 1,0	9,5 ± 0,9	9,5 ± 0,9	9,7 ± 1,0
БПК ₅		2,5 ± 0,6	2,1 ± 0,5	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,6
Взвешенные вещества	мг/л	< 0,5	0,6 ± 0,1	< 0,5	0,6 ± 0,1
Цветность	град. цв.	138 ± 13,8	76,4 ± 7,6	104,2 ± 10,4	69,9 ± 7,0
Нитрит-ион	мг/л	< 0,005			

* 1 – садки, поверхность; 2 – садки, дно; 3 – контроль, поверхность; 4 – контроль, дно.

Воды залива относятся к гидрокарбонатному классу, группе Са. Содержание $P_{\text{общ}}$ не превышает 0,02 мг/л, $N_{\text{общ}}$ – менее 1 мг/л. По гидрологической и гидрохимической классификациям залив принадлежит к олиго-мезотрофному типу [24]. По своему химическому составу водные массы залива Кумоланлахти Ладожского озера отвечают требованиям ОСТ 15.372-87 для товарного выращивания лососевых видов рыб.

Гидробиологические показатели. Зоопланктон. Зоопланктон исследуемого залива был представлен 39 таксонами коловраток и ракообразных (Rotifera – 12, Cladocera – 17, Copepoda – 10). Мас-

совые виды ракообразных включают представителей эвритермного и умеренно тепловодного комплексов (*Heterocope appendiculata*, *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Daphnia cristata*, *Bosmina longirostris*), доминирующие виды коловраток – ротаторным северным планктонным комплексом (*Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*).

Летом биомасса зоопланктона в пелагиали до 50 % представлена коловратками (*A. priodonta*) (табл. 3), доля Cladocera и Copepoda составляет 14 и 37 % соответственно.

Таблица 3

Table 3

Средние количественные показатели зоопланктона в июне

Average quantitative indicators of zooplankton in June

Группа	Пелагиаль				Литораль			
	N , тыс. экз./м ³	N , %	B , г/м ³	B , %	N , тыс. экз./м ³	N , %	B , г/м ³	B , %
Rotifera	6,24	67	0,137	48	11,98	30	0,332	26
Cladocera	0,59	6	0,040	14	7,21	18	0,449	35
Cyclopiformes	1,45	15	0,030	11	19,40	48	0,462	36
Calaniformes	0,36	4	0,077	27	0,58	1	0,038	3
Всего	9,36	100	0,284	100	40,42	100	1,281	100

По численности доминируют коловратки (67 %), субдоминирующее положение занимают мелкие циклопиды *Mesocyclops* и *Thermocyclops* (15 %). По сравнению с пелагиалью количественные показатели зоопланктона литорали значительно выше, доминируют следующие виды: *Sida crystallina*, *Polyphemus*

pediculus, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Macrocyclus albidus*, *Megacyclus viridis*.

В зоопланктоне в осенний период за счет кладоцер (*Daphnia*, *Bosmina*, *Holopedium*) сохраняются высокие количественные показатели (табл. 4).

Таблица 4

Table 4

Средние количественные показатели зоопланктона в октябре

Average quantitative indicators of zooplankton in October

Группа	Пелагиаль				Литораль			
	N, тыс. экз./м ³	N, %	B, г/м ³	B, %	N, тыс. экз./м ³	N, %	B, г/м ³	B, %
Rotifera	7,31	26	0,204	26	2,55	7	0,133	12
Cladocera	5,06	18	0,189	24	21,09	59	0,694	63
Cyclopiformes	6,46	23	0,102	13	8,73	25	0,121	11
Calaniformes	9,27	33	0,291	37	3,27	9	0,154	14
Всего	28,10	100	0,786	100	35,64	100	1,102	100

В пелагиали до 37 % от общей биомассы доминирует *Eudiaptomus gracilis*, при этом снижается численность *Mesocyclops* и *Thermocyclops*. Численность и биомасса уменьшается также у коловраток. Высокие количественные показатели зоопланктона сохраняются в прибрежной зоне и осенью. Ветвистоусые ракообразные доминируют по биомассе (63 %), доля циклопид и каланид составляет 11 и 14 % соответственно.

В результате сравнительного анализа данных раз-

ных лет (1990-е гг. и в 2023 г.) показано сходство видового состава и количественных характеристик летнего зоопланктона Северной Ладogi [25]. Ряд показателей зоопланктона (обилие, видовое разнообразие) непосредственно определяется температурным режимом. Высокие количественные показатели зоопланктона осенью говорят об избыточном поступлении в водный объект биогенных элементов, при этом отмечаются различия в показателях обилия зоопланктона в разных биотопах (табл. 5).

Таблица 5

Table 5

Показатели развития зоопланктона залива Кумоланлахти

Indicators of zooplankton development in Kumolanlahti Bay

Показатель	Лето		Осень	
	Пелагиаль	Литораль	Пелагиаль	Литораль
Число видов в пробе $S_{пр}$	13,9 ± 3,31	15,6 ± 3,25	17,6 ± 1,36	13,2 ± 2,25
Индекс Шеннона (H_N), бит/экз.	1,84 ± 0,23	1,98 ± 0,42	2,43 ± 0,08	1,92 ± 0,26
Индекс Бергера – Паркера	0,45 ± 0,09	0,36 ± 0,08	0,18 ± 0,02	0,38 ± 0,08
Средняя (min-max) численность, тыс. экз./м ³	9,36 (5,36–19,1)	40,42 (19,5–129,7)	28,10 (15,83–44,8)	35,64 (17,2–62,9)
Средняя (min-max) биомасса, г/м ³	0,284 (0,132–0,572)	1,281 (0,570–3,090)	0,786 (0,373–1,853)	1,102 (0,552–2,804)
B_{cvel} / B_{cal}	0,39	12,2	0,35	0,78
N_{clad} / N_{cop}	0,33	0,36	0,32	1,76
B_{crus} / B_{rot}	1,07	2,86	2,85	7,29

По результатам исследования можно сделать вывод, что литоральная зона исследуемого залива соответствует α -мезотрофному типу, пелагическая – олиготрофному. Показатели сапробности (1,71 – лето и 1,76 – осень) соответствуют β -мезосапробному классу вод (умеренно загрязненные природные воды).

Макрозообентос. Особенностью донной фауны является способность накапливать загрязняющие вещества, поступающие в водные объекты, что позволяет использовать их для мониторинга экосистем [26, 27].

Состав донной фауны включал 34 таксона рангом ниже рода (из них Oligochaeta – 8, Chironomidae – 16), доминируют хирономиды (*Glyptotendipes gripekove-*

ni, *Chironomus plumosus*, *Procladius* sp.) и олигохеты (*Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex*, *Lumbriculus variegatus*).

На песчаных биотопах прибрежной и глубоководной частей встречены моллюски (Gastropoda, Bivalvia). В составе донной фауны доминировали насекомые (более 70 % таксонов).

В профундале среди бентосных организмов отмечены реликтовые ракообразные (*Monoporeia affinis*). В литоральной зоне встречается байкальская амфипода (*Gmelinoides fasciatus*), широко расселившаяся в Ладожском озере [28, 29].

В летний период 2023 г. показатели численности и биомассы зообентоса изменялись от 100 экз./м² и 0,24 г/м² в зоне глубин более 15 м до 1 260 экз./м²

и 3,67 г/м² в мелководных участках. В прибрежной зоне отмечено наибольшее видовое разнообразие, максимальная биомасса составляла 5,21 г/м², численность – 1 260 экз./м² (средняя биомасса 4,27 г/м²

при численности более 605 экз./м²). Осенью доля хирономид по биомассе изменялась от 9,5 до 97 %, по численности от 5 до 83 % (табл. 6, 7).

Таблица 6

Table 6

Средняя численность и биомасса макрозообентоса в районе постановки садков
в заливе Ладожского озера (летний период)

Average abundance and biomass of macrozoobenthos in the area of cages
in the bay of Lake Ladoga (summer period)

Таксоны	Показатель*				
	N, экз./м ²	N, %	B, г/м ²	B, %	F, %
Chironomidae	292	48,26	2,63	61,59	83,3
Oligochaeta	177	29,26	0,58	13,58	100,0
Bivalvia	20	3,31	0,38	8,90	33,3
Gastropoda	36	5,95	0,23	5,39	33,3
Others	80	13,22	0,45	10,54	16,6
Всего	605	100,00	4,27	100,00	–

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

Таблица 7

Table 7

Средняя численность и биомасса макрозообентоса в районе постановки садков
в заливе Ладожского озера (осенний период)

Average abundance and biomass of macrozoobenthos in the area of cages
in the bay of Lake Ladoga (autumn period)

Таксоны	Показатель				
	N, экз./м ²	N, %	B, г/м ²	B, %	F, %
Chironomidae	326	43,99	2,21	80,07	100,0
Oligochaeta	235	31,71	0,18	6,52	83,3
Chaoboridae	20	2,70	0,12	4,35	16,6
Nematoda	90	12,15	0,14	5,07	33,3
Others	70	9,45	0,11	3,99	12,5
Всего	741	100,00	2,76	100,00	–

Значительное видовое разнообразие в прибрежной зоне достигается за счет представителей ручейников (Trichoptera), поденок (Ephemeroptera), мокрецов (Ceratopogonidae).

В целом результаты исследования макрозообентоса показывают, что исследуемая акватория соответствует α-мезотрофному типу (осенняя биомасса 2,76 г/м², численность – 741 экз./м²). По хирономидному индексу K (2,32) водоем является умеренно-загрязненным, по индексу S относится к 3 классу качества (умеренная загрязненность), по индексу Гуднайта – Уитлея (OI = 57 %) – к 2–3 классу качества вод с незначительным загрязнением, по индексу сапробности (3,45) – к α-мезосапробному типу.

Заключение

Результаты гидрохимического анализа 2023 г. свидетельствуют о том, что в целом показатели во-

ды в исследуемой акватории залива Кумоланлахти Ладожского озера не превышают предельно допустимых концентраций и отвечают требованиям для выращивания радужной форели.

Полученные гидробиологические данные 2023 г. хорошо согласуются с результатами ранее проведенных исследований. Отмечается сходство видового состава зоопланктона и бентоса и их количественных показателей. Уровень количественных характеристик гидробиологических сообществ соответствует олиго-мезотрофному типу водоемов, показатели сапробности – α-β-мезосапробному классу (умеренно загрязненные природные воды).

Для снижения воздействия рыбоводного хозяйства на водоем необходимо соблюдать биотехнику выращивания рыбы, а также использовать новейшие российские и зарубежные технологии сбора и утилизации отходов производства.

Список источников

1. Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Кучко Я. А. и др. Состояние пресноводных водоемов Карелии с товарным выращиванием радужной форели в садках. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2018. 127 с.
2. Решетников Ю. С., Попова О. А., Стерлигова О. П. и др. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема. М.: Наука, 1982. 248 с.
3. Комулайнен С. Ф. О реакции альгоценозов на поступление стоков с форелевой фермы // Проблемы лососевых на Европейском Севере. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1998. С. 100–110.
4. Кучко Я. А., Савосин Е. С. Оценка состояния сообществ зоопланктона и макрозообентоса экосистемы Маслозера в зоне размещения форелевого хозяйства // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2020. № 5 (172). С. 10–19.
5. Cornel G. E., Whoriskey F. G. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec // Aquaculture. 1993. V. 109. Iss. 2. P. 101–117. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90208-G](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90208-G).
6. Alpaslan A., Pulatsü S. The Effect of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Culture on Sediment Quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2008. V. 8. P. 65–70.
7. Петрова Н. А. Фитопланктон Ладожского озера // Растительные ресурсы Ладожского озера. Л., 1968. С. 73–130.
8. Расплетина Г. Ф. Режим биологических элементов // Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера. Л.: Наука, 1982. С. 79–101.
9. Озера Карелии: справ. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
10. Андроникова Н. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука, 1996. 186 с.
11. Кучко Я. А., Ильмаст Н. В., Кучко Т. Ю. Методы сбора и обработки проб зоопланктона на пресноводных водоемах: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2016. 26 с.
12. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы / под ред. В. Д. Федорова, В. И. Капкова. М.: ПИМ, 2006. 367 с.
13. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. Т. 1. Зоопланктон. 495 с.
14. Radwan S., Bielanska-Gräner I., Ejsmont-Karabin J. Wrotki (Rotifera). Lodz: Oficyna Wydawnicza Tercja, 2004. 447 p.
15. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2007. 390 с.
16. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, 2001. Т. 5. Высшие насекомые (ручейники, чешуекрылые, жесткокрылые, сетчатокрылые, большекрылые, перепончатокрылые). 836 с.
17. Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe // Lauterbornia. 2009. V. 66. P. 1–235.
18. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. Т. 2. Зообентос. 457 с.
19. De Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., Bjørn P., Los W., Steeman F., Bailly N., Basire C., Chylarecki P., Stloukal E., Hagedorn G., Wetzell F., Glöckler F., Kroupa A., Korb G., Hoffmann A., Häuser C., Kohlbecker A., Müller A., Güntsch A., Stoev P., Penev L. Fauna Europaea – all European animal species on the web // Biodiversity Data Journal. 2014. V. 2. e4034. <https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e4034>.
20. Вшивкова Т. С., Иваненко Н. В. и др. Введение биомониторинг пресных вод: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. 240 с.
21. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. für Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie. 1973. Bd 7. 218 p.
22. Балушкина Е. В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб.: ЗИН РАН, 1997. С. 266–292.
23. Hammer Ø., Harper D., Ryan P. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. V. 4. Iss. 1. P. 1.
24. Зилов Е. А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем). Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. 138 с.
25. Куликова Т. П., Власова Л. И. Зоопланктон северного шхерного района Ладоги (мониторинговые исследования 1992–1998 гг.) // Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2000. С. 207–215.
26. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
27. Яковлев В. А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие и антропогенная динамика). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. Ч. 1. 161 с.
28. Барбашова М. А., Трифонова М. С., Курашов Е. А. Особенности пространственного распределения инвазивных видов амфипод в литорали Ладожского озера // Рос. журн. биол. инвазий. 2020. Т. 14. № 1. С. 13–26.
29. Rasputina E., Milyanchuk N., Ilmast N. Baikal amphipod (*Gmelinoides fasciatus*) and its contribution to the feeding of Ladoga Lake perch // BIO Web Conf. III International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops and Environment (CIBTA-III-2024). 2024. V. 95. P. 02007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249502007>.

References

1. Sterligova O. P., Ilmast N. V., Kuchko Ya. A. i dr. *Sostoyaniye presnovodnykh vodoyemov Karelii s tovarnym vyrashchivaniyem raduzhnoy foreli v sadkakh* [The state of freshwater reservoirs in Karelia with commercial cultivation of rainbow trout in cages]. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2018. 127 p.
2. Reshetnikov Yu. S., Popova O. A., Sterligova O. P. i dr. *Izmeneniye struktury rybnogo naseleniya evtrofiruyemogo*

- vodoyema [Changes in the structure of the fish population of the eutrophized reservoir]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 248 p.
3. Komulainen S. F. O reaktii algotsenozov na postupleniye stokov s forevoy fermoy [On the reaction of algal communities to the flow of effluents from a trout farm]. *Problemy lososevnykh na Evropeyskom Severe*. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 1998. Pp. 100-110.
4. Kuchko Ya. A., Savosin E. S. Otsenka sostoyaniya soobshchestv zooplanktona i makrozoobentosy ekosistemy Maslozera v zone razmeshcheniya forevogo khozyaystva [Assessment of the state of zooplankton and macrozoobenthos communities of the Oil Lake ecosystem in the trout farming area]. *Rybovodstvo i rybnoye khozyaystvo*, 2020, no. 5 (172), pp. 10-19.
5. Cornel G. E., Whoriskey F. G. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, 1993, vol. 109, iss. 2, pp. 101-117. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90208-G](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90208-G).
6. Alpaslan A., Pulatsü S. The Effect of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Culture on Sediment Quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2008, vol. 8, pp. 65-70.
7. Petrova N. A. Fitoplankton Ladozhskogo ozera [Phytoplankton of Lake Ladoga]. *Rastitelnyye resursy Ladozhskogo ozera*. Leningrad, 1968. Pp. 73-130.
8. Raspletina G. F. Rezhim biologicheskikh elementov [Mode of biological elements]. *Antropogennoye evtrofirovaniye Ladozhskogo ozera*. Leningrad, Nauka Publ., 1982. Pp. 79-101.
9. *Ozera Karelii: spravochnik* [Karelian Lakes: a reference guide]. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2013. 464 p.
10. Andronikova H. H. *Strukturno-funktsionalnaya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem* [Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 1996. 186 p.
11. Kuchko Ya. A., Ilmast N. V., Kuchko T. Yu. *Metody sbora i obrabotki prob zooplanktona na presnovodnykh vodoemakh: uchebnoye posobiye* [Methods of collecting and processing zooplankton samples in freshwater reservoirs: a textbook]. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU, 2016. 26 p.
12. *Prakticheskaya gidrobiologiya. Presnovodnyye ekosistemy* [Practical hydrobiology. Freshwater ecosystems]. Pod redaktsiyey V. D. Fedorova, V. I. Kapkova. Moscow, PIM Publ., 2006. 367 p.
13. *Opredelitel zooplanktona i zoobentosy presnykh vod Evropeyskoy Rossii* [Determinant of zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia]. Pod redaktsiyey V. R. Alekseyeva, S. Ya. Tsalolikhina. Moscow, Tovari-shchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2010. Vol. 1. Zooplankton. 495 p.
14. Radwan S., Bielanska-Grainier I., Ejsmont-Karabin J. *Wrotki (Rotifera)*. Lodz, Oficyna Wydawnicza Tercja, 2004. 447 p.
15. Kitayev S. P. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov* [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2007. 390 p.
16. *Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territoriy* [Determinant of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 2001. Vol. 5. Vysshieye nasekomyye (rucheyniki, cheshuyekrylyye, zhestkokrylyye, setchatokrylyye, bolshekrilyye, pereponchatokrylyye). 836 p.
17. Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. *Lauterbornia*, 2009, vol. 66, pp. 1-235.
18. *Opredelitel zooplanktona i zoobentosy presnykh vod Evropeyskoy Rossii* [Determinant of zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia]. Pod redaktsiyey V. R. Alekseyeva, S. Ya. Tsalolikhina. Moscow, Tovari-shchestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2016. Vol. 2. Zoobentos. 457 p.
19. De Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., Bjørn P., 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 Europaea – all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal*, 2014, vol. 2, e4034. <https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e4034>.
20. Vshivkova T. S., Ivanenko N. V. i dr. *Vvedeniye v biomonitoring presnykh vod: uchebnoye posobiye* [Introduction to freshwater biomonitoring: a textbook]. Vladivostok, Izd-vo VGUES, 2019. 240 p.
21. Sládeček V. *System of water quality from the biological point of view*. Arch. für Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie, 1973, bd 7, 218 p.
22. Balushkina E. V. Primeneniye integralnogo pokazatelya dlya otsenki kachestva vod po strukturnym kharakteristikam donnykh soobshchestv [The use of an integral indicator to assess water quality based on the structural characteristics of bottom communities]. *Reaktsiya ozernykh ekosistem na izmeneniye bioticheskikh i abioticheskikh usloviy*. Saint Petersburg, ZIN RAN, 1997. Pp. 266-292.
23. Hammer Ø., Harper D., Ryan P. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, iss. 1, p. 1.
24. Zilov E. A. *Gidrobiologiya i vodnaya ekologiya (organizatsiya, funktsionirovaniye i zagryazneniye vodnykh ekosistem)* [Hydrobiology and aquatic ecology (organization, functioning and pollution of aquatic ecosystems)]. Irkutsk, Izd-vo Irkut. gos. un-ta, 2008. 138 p.
25. Kulikova T. P., Vlasova L. I. Zooplankton severnogo shkhernogo rayona Ladogi (monitoringovyye issledovaniya 1992–1998 gg.) [Zooplankton of the northern skerry region of Ladoga (monitoring studies 1992-1998)]. *Ladozhskoye ozero. Monitoring, issledovaniye sovremennogo sostoyaniya i problemy upravleniya Ladozhskim ozerom i drugimi bolshimi ozerami*. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2000. Pp. 207-215.
26. Bakanov A. I. Ispolzovaniye zoobentosy dlya monitoringa presnovodnykh vodoemov (obzor) [The use of zoobenthos for freshwater monitoring (overview)]. *Biologiya vnutrennykh vod*, 2000, no. 1, pp. 68-82.
27. Yakovlev V. A. *Presnovodnyy zoobentos Severnoy Fennoskandii (raznoobrazie i antropogennaya dinamika)* [Freshwater zoobenthos of Northern Fennoscandia (diversity and anthropogenic dynamics)]. Apatity, Izd-vo KNTs RAN, 2005. Part 1. 161 p.; Part 2. 145 p.
28. Barbashova M. A., Trifonova M. S., Kurashov E. A. Osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya invazivnykh vidov amfipod v litorali Ladozhskogo ozera [Features of spatial distribution of invasive amphipod species in the littoral of Lake Ladoga]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 13-26.

29. Rasputina E., Milyanchuk N., Ilmast N. Baikal amphipod (*Gmelinoides fasciatus*) and is contribution to the feeding of Ladoga Lake perch. *BIO Web Conf. III International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Pro-*

cessing of Agricultural Crops and Environment (CIBTA-III-2024). 2024. Vol. 95. P. 02007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249502007>.

Статья поступила в редакцию 25.04.2025; одобрена после рецензирования 16.06.2025; принята к публикации 01.12.2025
The article was submitted 25.04.2025; approved after reviewing 16.06.2025; accepted for publication 01.12.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Николай Викторович Ильмаст – доктор биологических наук, доцент; руководитель лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Карельский научный центр Российской академии наук; ilmast@mail.ru

Nikolay V. Ilmast – Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor; Head of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; ilmast@mail.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

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

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

Denis 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; sadenser@inbox.ru

Николай Петрович Миланчук – научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Карельский научный центр Российской академии наук; sadenser@inbox.ru

Nikolay P. Milyanchuk – Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; sadenser@inbox.ru

