



DOI 10.23859/estr-230411

EDN REBNLT

УДК 574.5:556.55(1-751.1)(470.22)

Научная статья

Современное состояние экосистемы оз. Пандозера (Государственный заповедник «Кивач», Карелия)

Н.В. Ильмаст*, О.П. Стерлигова, Я.А. Кучко,
Е.С. Савосин, Н.П. Милянчук

Институт биологии Карельского научного центра РАН, 185910, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11

*ilmast@mail.ru

Аннотация. В статье исследован состав бентофауны и рыбного населения озера Пандозера (бассейн Онежского озера), расположенного на территории Государственного природного заповедника «Кивач» (Республики Карелия). Количественные показатели макрозообентоса соответствуют олиготрофному типу водоемов, величина хириноидного индекса – умеренно-загрязненному водному объекту. Рыбное население озера представлено 13 видами рыб (6 семейств), среди которых преобладающими являются окунь, лещ и плотва. Отмечены ценные виды рыб: сиг и судак. Язь обнаружен в озере впервые. В целом проведенные исследования показали удовлетворительное состояние экосистемы оз. Пандозера на современном этапе.

Ключевые слова: озерная экосистема, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, ихтиофауна, заповедная территория

Финансирование. Исследование было выполнено в рамках государственного задания ИБ КарНЦ РАН (FMEN-2022-0007).

ORCID:

Н.В. Ильмаст, <https://orcid.org/0000-0003-4814-1219>

О.П. Стерлигова, <https://orcid.org/0000-0002-0308-0267>

Я.А. Кучко, <https://orcid.org/0000-0003-1221-2740>

Е.С. Савосин, <https://orcid.org/0000-0003-0650-1829>

Н.П. Милянчук, <https://orcid.org/0000-0002-3165-2744>

Для цитирования: Ильмаст, Н.В. и др., 2024. Современное состояние экосистемы оз. Пандозера (Государственный заповедник «Кивач», Карелия). *Трансформация экосистем* 7 (4), 162–173. <https://doi.org/10.23859/estr-230411>

Поступила в редакцию: 11.04.2023

Принята к печати: 23.05.2023

Опубликована онлайн: 06.12.2024

DOI 10.23859/estr-230411

EDN REBNLT

UDC 574.5:556.55(1-751.1)(470.22)

Article

Current state of the Pandozero Lake ecosystem, Kivach State Nature Reserve, Karelia

N.V. Ilmast* , O.P. Sterligova , Ya.A. Kuchko ,
E.S. Savosin , N.P. Milyanchuk 

Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya St. 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910 Russia

*ilmast@mail.ru

Abstract. The composition of the benthic fauna of the fish population of Pandozero Lake (Onega Lake basin), located in the Kivach State Nature Reserve, Republic of Karelia, was studied. The abundance indices of its macrozoobenthos are consistent with an oligotrophic type of water bodies, and its chironomid index value with that of a moderately contaminated water body. The lake's fish population consists of 13 species (6 families) dominated by perch, bream and roach. Valuable fish species, such as whitefish and pike-perch, also occur. Ide was found in the lake for the first time. The studies have shown that Pandozero Lake's ecosystem is now in satisfactory condition.

Keywords: lake ecosystem, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, ichthyofauna, protected area

Funding. The study was conducted as part of IB KarRC RAS state assignment (FMEN-2022-0007).

ORCID:

N.V. Ilmast, <https://orcid.org/0000-0003-4814-1219>

O.P. Sterligova, <https://orcid.org/0000-0002-0308-0267>

Ya.A. Kuchko, <https://orcid.org/0000-0003-1221-2740>

E.S. Savosin, <https://orcid.org/0000-0003-0650-1829>

N.P. Milyanchuk, <https://orcid.org/0000-0002-3165-2744>

To cite this article: Ilmast, N.V. et al., 2024. Current state of the Pandozero Lake ecosystem, Kivach State Nature Reserve, Karelia. *Ecosystem Transformation* 7 (4), 162–173. <https://doi.org/10.23859/estr-230411>

Received: 11.04.2023

Accepted: 23.05.2023

Published online: 06.12.2024

Введение

Биоразнообразие водоемов Европейского Севера находится в прямой зависимости от большого числа факторов, самым значимым из которых является хозяйственная деятельность человека. Для этих водных объектов характерна последовательная трансформация гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов, связанная с нарастающим антропогенным влиянием (Дгебуадзе, 2014; Ильмаст и др., 2021; Криксунов и др., 2010 и др.). Для решения проблем сохранения биоразнообразия экосистем в рамках создания сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в 1931 г. при Академии наук СССР был создан Государственный природный заповедник «Кивач». Самым крупным водоемом на его территории является оз. Пандозеро. Этот водоем, обладающий особым природоохранным статусом, элиминирующим антропогенный фактор, позволяет получить уникальные данные о нативных (фоновых) характеристиках гидробионтов.

Кроме того, экосистема оз. Пандозера в настоящее время слабо изучена, имеются лишь некоторые данные о его гидрохимическом режиме и ихтиофауне (Ивантер, 1969; Мосияш и др., 2011; Попова и Сухов, 2011; Щербаков, 1988). Целью работы является оценка современных гидробиологических показателей (фито- и зоопланктон, макрозообентос), а также структуры рыбного населения оз. Пандозера.

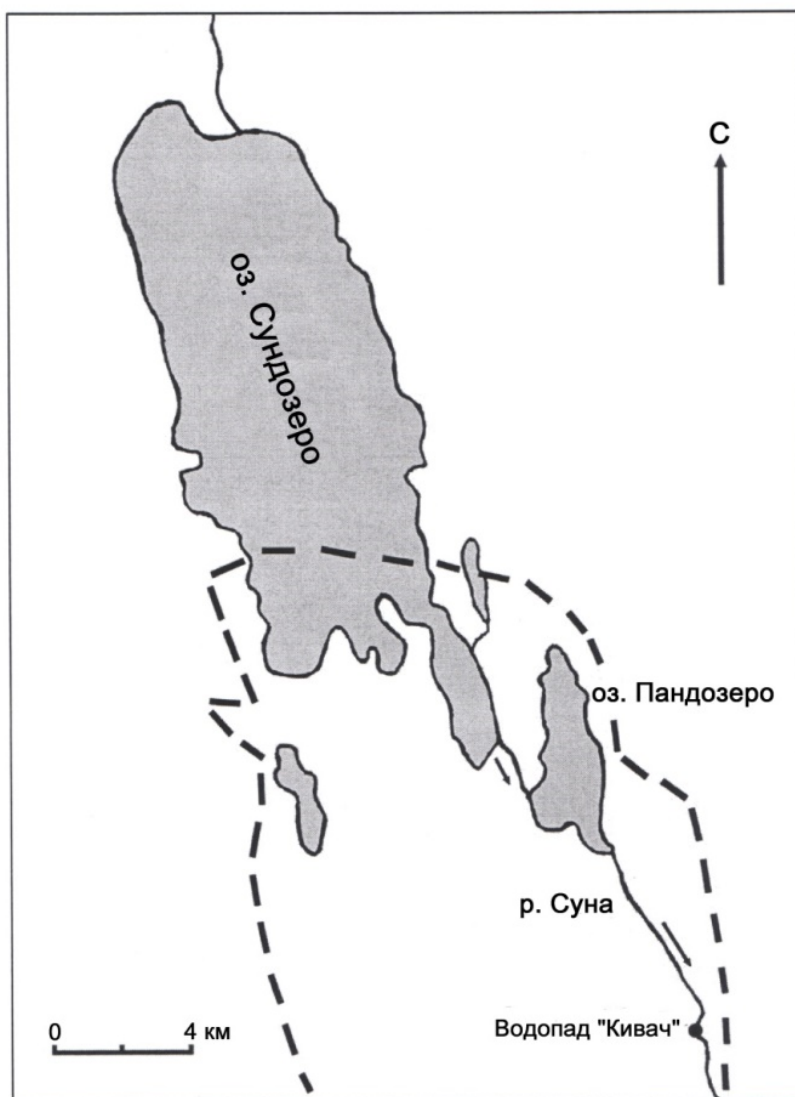


Рис. 1. Картограмма оз. Пандозера. Пунктирной линией обозначена граница заповедника «Кивач».

Материал и методы

Оз. Пандозеро в составе заповедника «Кивач» относится к бассейну Онежского озера. Через водоем протекает одна из самых больших и полноводных рек Карелии р. Суна. Работы по комплексному исследованию озера проводились в июле–августе 2017–2018 гг.

Оз. Пандозеро является самым крупным водоемом, целиком расположенным на территории заповедника «Кивач» (Рис. 1). Вытянутая северная часть, а также мелководные заливы южной части озера, где отмечаются обширные участки зарослей высшей водной растительности, служат местами нереста рыб. Дно озера песчано-галечное, илистое. Берега мало возвышенные, иногда скалистые, покрыты лесом из деревьев хвойных пород (Ресурсы поверхностных вод..., 1972).

Воды оз. Пандозера имеют слабую минерализацию, низкую цветность и значения pH, близкие к нейтральным (Кучко и др., 2018). Содержание биогенов и структура органического вещества в озере характерны для водоемов с незначительным содержанием гумуса (Мосияш и др., 2011). В оз. Пандозеро с водами р. Суна поступают аллохтонные органические вещества из оз. Сундозера, где в настоящее время функционирует садковое форелевое хозяйство.

Отбор проб выполнялся на 8 станциях, расположенных в глубоководной, открытой (пелагиаль) и мелководной (литораль) зонах. Пробы макрозообентоса собирались с использованием дночерпателя ДАК-250 с последующей промывкой грунта через сито (ячейка 0.5 мм) и фиксацией 8% раствором формальдегида. На каждой станции пробы отбирались в двукратной повторности. Дальнейшая обработка материала проводилась в лаборатории общепринятыми методами (Баканов, 2000; Жадин, 1956; Методические рекомендации..., 1984; Руководство по методам..., 1983; Руководство по гидробиологическому..., 1992). После обсушивания на фильтровальной бумаге пробы взвешивали на торсионных весах (Techniprot, Польша; цена деления – 0.1 мг). Для видовой идентификации донных организмов использовали ряд руководств и справочников (Определитель..., 2010, 2016; Brinkhurst, 1971; Timm, 2009). Степень органического загрязнения вод оценивали с использованием индекса Е.В. Балушкиной (1987).

Расчет индекса сапробности водоема проводился по методу Пантле–Букка в модификации Сладечека (Sladěček, 1973). Трофический статус водоема оценивался по шкале трофности С.П. Китаева (2007).

Ихтиофауну оз. Пандозера изучали на основе сетных уловов. Исследованная акватория облавливалась на различных глубинах (литораль, пелагиаль). Ихтиологический материал обрабатывали по общепринятым методикам (Дгебуадзе и Чернова, 2009; Мина, 1981; Правдин, 1966; Решетников, 1980). Для всех рыб был определен возраст с использованием регистрирующих структур (чешуя, жаберные крышки (оперкулюм) и отолиты), а также длина и масса тела (SL (standard length) – стандартная длина, у сигов FL (fork length) – длина по Смитту). Кроме этого, в качестве диагностического признака у каждого выловленного сига просчитывалось число жаберных тычинок на первой жаберной дуге. Всего собрано и обработано 543 экз. различных видов рыб.

Результаты и обсуждение

Фитопланктон и зоопланктон

По результатам исследований 2017 г., основу биоразнообразия фитопланктона озера обеспечивали представители трех систематических групп диатомовые, динофитовые и зеленые водоросли (Кучко и др., 2018). Общее количество идентифицированных видов составило 26. Согласно значениям сапробности, оз. Пандозеро соответствует водам α -олигосапробной зоны второго класса качества («чистая») (Китаев, 2007). Также в 2017 г. был детально изучен зоопланктон водоема. Было определено, что его основу составляют широко распространенные виды умеренных широт. По количественным характеристикам планктофауны центральный район Пандозера соответствует β -олиготрофному водоему, мелководная зарослевая литораль – β -мезотрофному. По величине индекса Шеннона, характеризующего обилие видов, озеро в целом можно отнести к мезотрофному, а по сапробности – к β -мезосапробному типу (Кучко и др., 2018).

Бентофауна

Бентофауна озера ранее была сравнительно слабо изучена. Первые работы по оценке состояния сообществ зообентоса проводились в 2005 г. По результатам этих исследований отмечено тотальное доминирование личинок Chironomidae по количественным показателям (численность, биомасса). Значительная доля в биомассе принадлежала также реликтовой амфипode Мо-

noporeia affinis (Lindström, 1855). В целом количественные показатели развития макрозообентоса оказались невысокими (Куликова и Рябинкин, 2008).

Основа бентофауны Пандозера в 2017 г. была образована личинками насекомых (хируномид, ручейников), олигохетами и двустворчатыми моллюсками. Средняя биомасса бентоса в летний период достигала 0.52 г/м², численность – 500 экз./м². Около половины всей биомассы и более 70% всей численности формировали хируномиды (Кучко и др., 2018).

В 2018 г. бентофауна водоема была исследована повторно; при этом более детальному анализу подвергся видовой состав, соотношение видов-доминантов, руководящие комплексы бентоценоза. Так, в составе макрозообентоса в вышеуказанный период исследований было определено порядка 20 видов (Табл. 1).

Доминирующий хируномидный комплекс образован личинками Tanypodinae (*Procladius* sp.) и Orthoclaadiinae (*Psectrocladius* sp., *Psectrocladius sordidellus*, *Psectrocladius barbatipes*, *Psectrocladius psilopterus*). Среди представителей Chironominae чаще всего встречались *Microtendipes pedellus* и *Tanytarsus* sp.

Согласно шкале трофности С.П. Китаева (2007), по количественным показателям бентофауны водоем относится к олиготрофным. При этом индекс Балушкиной позволяет отнести оз. Пандозеро к водным объектам с умеренным загрязнением. В целом анализ полученных данных продемонстрировал, что таксономический состав озера типичен для северных водоемов таежной зоны (Яковлев, 2005а, б) и представлен видами, широко распространенными в большинстве озер Карелии. В более ранних работах было показано, что совокупность экологических условий исследуемого водоема определяет невысокие в целом количественные показатели развития макрозообентоса (Куликова и Рябинкин, 2008).

Ихтиофауна

Некоторые данные о рыбном населении оз. Пандозера были опубликованы ранее, список рыб насчитывал 12 видов (Ивантер, 1969; Попова и Сухов, 2011; Щербаков, 1988). В период наших исследований в озере было выловлено 9 видов рыб, при этом впервые был обнаружен язь *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758), который ранее в озере не отмечался. Таким образом, рыбное население оз. Пандозера в последние годы включает в себя 13 видов рыб, принадлежащих к шести семействам.

В целом ихтиофауна водоема относится к 4 фаунистическим комплексам (Никольский, 1980; Стерлигова и др., 2014). В ее составе преобладают рыбы, характерные для бореального равнинного комплекса (окунь *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758), ерш *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758), щука *Esox lucius* (Linnaeus, 1758), плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), елец *Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758), язь) – 46% от общей численности видов. Кроме этого, в равной степени (по 23%) представлены два пресноводных комплекса: арктический (сиг *Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758), налим *Lota lota* (Linnaeus, 1758), корюшка *Osmerus eperlanus* (Linnaeus, 1758)) и понтический (уклейка *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758), лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), густера *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758)). Доля присутствия судака (*Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)), принадлежащего к амфибореальному пресноводному комплексу, составляет 8%. Основу биомассы оз. Пандозера закономерно формируют рыбы бореального равнинного и понтического пресноводного комплексов (Рис. 2).

Окунь является наиболее многочисленным видом оз. Пандозера. Он встречается повсеместно и достигает высокой численности. Как и в большинстве северных озер, окунь данного водоема имеет длительный жизненный цикл; в уловах он был представлен возрастными группами от 2+ до 16+ с длиной тела (SL) от 11 до 36 см и массой от 19 до 1050 г (Табл. 2). В уловах преобладали старшие возрастные группы от 6+ до 12+ (85%), что говорит об отсутствии влияния промысла на популяцию. Это характерно для заповедных и труднодоступных слабо облавливаемых водоемов.

Лещ является довольно многочисленным видом и встречается как в литоральной зоне, так и на открытых участках озера. Возраст выловленного леща варьировал от 4+ до 12+, длина тела (SL) – от 15.5 до 36.5 см, масса – от 80 до 990 г. Особи в возрасте 4+ – 8+ составляли 87% улова, что также свидетельствует о слабой рыбопромысловой нагрузке.

Еще одним распространенным видом в Пандозере является плотва. Для данного вида характерно обитание в прибрежье с высокой степенью зарастания макрофитами; в зоне пелагиали вид почти не встречается. Возрастной состав варьировал от 4+ до 12+, доминировали особи в возрасте 8+ – 10+, с длиной тела (SL) от 11.6 до 26.0 см и массой от 28 до 315 г.

Табл. 1. Видовой состав зообентоса оз. Пандозера.

Таксон
КЛАСС OLIGOCHAETA
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparede, 1862)
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Muller, 1774)
КЛАСС NEMATODA
КЛАСС INSECTA
Отряд Diptera
Семейство Chironomidae
<i>Cryptochironomus obreptans</i> (Walker, 1856)
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)
<i>Cladopelma lateralis</i> (Goetghebuer, 1934)
<i>Cricotopus intersectus</i> (Staeger, 1839)
<i>Polypedilum pedestre</i> (Meigen, 1830)
<i>Psectrocladius psilopterus</i> (Kieffer, 1906)
<i>Psectrocladius sordidellus</i> (Zetterstedt, 1838)
<i>Psectrocladius barbatipes</i> (Kieffer, 1923)
<i>Procladius</i> sp.
<i>Tanytarsus</i> sp.
Семейство Ceratopogonidae
<i>Bezzia</i> sp.
Отряд Ephemeroptera
<i>Ephemera vulgata</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Baetis</i> sp.
<i>Caenis rivulorum</i> (Eaton, 1884)
Отряд Trichoptera
<i>Cyrnus trimaculatus</i> (Curtis, 1834)
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)
КЛАСС HIRUDINEA
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)
КЛАСС BIVALVIA

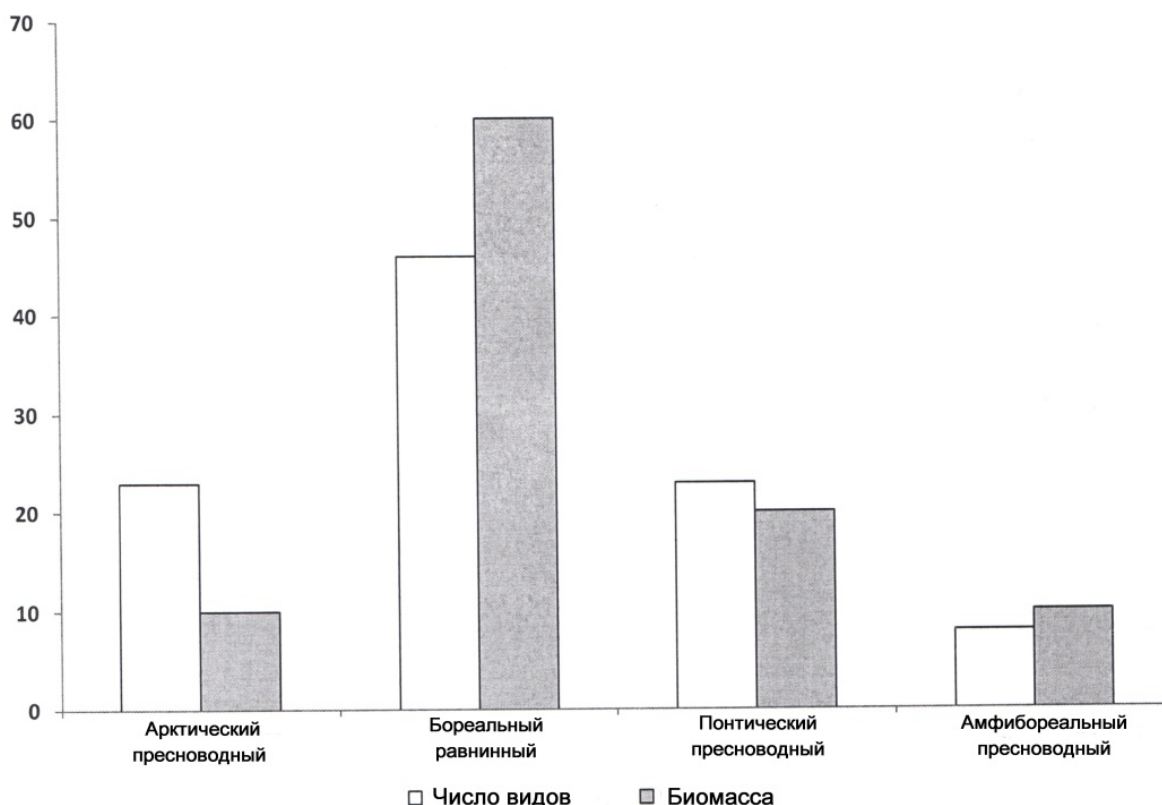


Рис. 2. Процентное соотношение рыб разных фаунистических комплексов оз. Пандозера.

Щука в водоеме широко населяет всю акваторию. В уловах отмечена щука в диапазоне от 3+ до 10+ лет, длиной (SL) 32.0–68.0 см и массой 260–2500 г. По опубликованным данным, вес щуки в исследуемом водоеме может достигать массы 10 кг. Однако это тоже не предел: по свидетельству очевидцев, летом 1988 г. был пойман экземпляр массой 15 кг (Попова и Сухов, 2011).

Густера в исследуемом водоеме является немногочисленным видом, который обитает на небольшой глубине в зоне зарослевой литорали. Уловы включали особей в возрастном диапазоне от 6+ до 11+ лет, длиной тела (SL) 15.0–22.0 см и массой 40–140 г.

Сиг в Пандозере немногочислен. Он обитает в открытой части водоема на участках с песчано-галечным дном, а также на каменистых отмелях. Выловленные сиги в возрасте 2+ – 6+ имели длину (FL) от 22 до 35 см, массу от 105 до 400 г. По числу жаберных тычинок (29–33) сиг озера относится к среднетычинковой форме (Решетников, 1980).

Судак в оз. Пандозере вселился через р. Суна из оз. Сундозера, на котором в 1965–1970 гг. проводились рыбоводные работы. С целью повышения биоразнообразия рыбного населения оз. Сундозеро заселялось разновозрастным судаком в количестве 6.8 млн. экз. (Попова и Сухов, 2011) В результате интродукции судак стал обычным видом для обоих озер. В опытных уловах судак представлен в возрасте 4+ – 9+, длиной (SL) 25.6–48.0 см, массой 220–1500 г.

Ерш – малочисленный вид в озере. Он населяет в основном глубоководную центральную часть озера, на мелководьях встречается очень редко. Предпочитает песчаное или каменисто-песчаное дно без густых зарослей водной растительности. Было выловлено лишь 2 экземпляра ерша в возрасте 5+ и 6+, длиной (SL) 8.2 и 9.0 см и массой 7 и 12 г.

Язь в единственном экземпляре впервые обнаружен нами в озере. Возраст особи составляла 6+, длина (SL) – 24 см, масса – 310 г.

Табл. 2. Линейно-весовой рост рыб оз. Пандозера. Числитель – длина рыб (см), знаменатель – масса (г).

Возраст рыб, лет										
2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+
Окунь (220 экз.)										
–	$\frac{11.0}{19}$	$\frac{16.0}{58}$	$\frac{18.2}{88}$	$\frac{20.4}{140}$	$\frac{22.8}{200}$	$\frac{25.0}{253}$	$\frac{27.8}{340}$	$\frac{28.3}{390}$	$\frac{29.0}{458}$	$\frac{30.4}{540}$
Лещ (170 экз.)										
–	–	$\frac{15.5}{80}$	$\frac{17.6}{120}$	$\frac{21.0}{200}$	$\frac{23.7}{280}$	$\frac{27.0}{440}$	$\frac{29.5}{600}$	$\frac{33.0}{770}$	$\frac{34.5}{830}$	$\frac{36.5}{990}$
Плотва (70 экз.)										
–	–	$\frac{11.6}{28}$	$\frac{12.3}{35}$	$\frac{14.7}{54}$	$\frac{16.8}{80}$	$\frac{17.8}{100}$	$\frac{21.0}{144}$	$\frac{22.0}{172}$	$\frac{23.3}{205}$	$\frac{26.0}{315}$
Густера (30 экз.)										
–	–	–	–	$\frac{15.0}{40}$	$\frac{16.5}{60}$	$\frac{17.5}{75}$	$\frac{18.0}{90}$	$\frac{20.0}{110}$	$\frac{22.0}{140}$	–
Щука (28 экз.)										
–	$\frac{32.0}{260}$	$\frac{38.5}{520}$	$\frac{44.0}{760}$	$\frac{51.0}{1100}$	$\frac{55.4}{1645}$	$\frac{58.2}{1800}$	$\frac{62.5}{2200}$	$\frac{67.3}{2500}$	–	–
Судак (18 экз.)										
–	–	$\frac{25.6}{220}$	$\frac{28.5}{290}$	$\frac{34.5}{500}$	$\frac{40.0}{790}$	$\frac{41.5}{1045}$	$\frac{43.5}{1300}$	$\frac{48.0}{1500}$	–	–
Сиг (7 экз.)										
$\frac{22.0}{105}$	$\frac{26.3}{182}$	$\frac{27.8}{240}$	–	$\frac{35.0}{400}$	–	–	–	–	–	–

Заключение

Анализ видов-индикаторов фитопланктона оз. Пандозера показал, что его воды соответствовали 2-му классу качества, что равноценно α -олигосапробной зоне. Количественные показатели развития зоопланктона в открытой части водоема соответствовали водам β -олиготрофного типа, в литоральной зоне – переходного β -мезотрофного типа. По количественным характеристикам зообентоса оз. Пандозеро соответствовало олиготрофным водоемам, по величине индекса Балушкиной – ближе к умеренно-загрязненным водным объектам.

Ихтиофауна озера насчитывает 13 видов рыб, относящихся к 6 семействам. Наиболее распространенными видами являются окунь, лещ, плотва. Впервые в водоеме был обнаружен язь. К ценным видам относятся сиг и судак, интродуцированный в систему р. Суна.

Проведенные исследования показали в целом удовлетворительное состояние экосистемы оз. Пандозера на современном этапе. Учитывая заповедный статус водоема и наличие источника органического загрязнения на его акватории (садковое форелевое хозяйство), целесообразно рекомендовать организацию регулярного гидробиологического мониторинга на оз. Пандозере для корректного представления о возможных сукцессиях в водных экосистемах заповедника.

Список литературы

- Баканов, А.И., 2000. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор). *Биология внутренних вод* 1, 68–82.
- Балушкина, Е.В., 1987. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Наука, Ленинград, СССР, 146–165.
- Дгебуадзе, Ю.Ю., 2014. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований. *Российский журнал биологических инвазий* 1, 2–8.
- Дгебуадзе, Ю.Ю., Чернова, О.Ф., 2009. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 315 с.
- Жадин, В.И., 1956. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных. В: Жадин, В.И. (ред.), *Жизнь пресных вод СССР. Т. 4, ч. 1*. Наука, Москва – Ленинград, СССР, 279–382.
- Ивантер, Э.В., 1969. О рыбах заповедника «Кивач». *Труды Государственного природного заповедника «Кивач»* 1, 146–148.
- Ильмаст, Н.В., Стерлигова, О.П., Кучко, Я.А., Шаров, А.Н., Савосин, Е.С., Савосин, Д.С., 2021. Экосистема Маслозера и результаты вселения в водоем корюшки *Osmerus eperlanus*. *Российский журнал биологических инвазий* 2, 40–51.
- Китаев, С.П., 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, 390 с.
- Криксунов, Е.А., Бобырев, А.Е., Бурменский, В.А., 2010. Обеспеченность ресурсами и ее роль в развитии инвазионных процессов. *Общая биология* 71 (5), 436–451.
- Куликова, Т.П., Рябинкин, А.В. 2008. Фауна водных объектов заповедника «Кивач». *Труды Карельского научного центра РАН* 12, 111–117.
- Кучко, Я.А., Ильмаст, Н.В., Кучко, Т.Ю., 2018. Гидробиоценозы озера Пандозеро (заповедник Кивач, Карелия). *Вода: химия и экология* 7–9 (116), 119–126.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях, 1984. Смирнов, А.В. (ред.). ГосНИОРХ, Ленинград, СССР, 19 с.
- Мина, М.В., 1981. Задачи и методы изучения роста рыб в природных условиях. В: Буторин, Н.В. (ред.), *Современные проблемы ихтиологии*. Наука, Москва, Россия, 177–195.
- Мосияш, С.А., Орлов, Т.Г., Кураева, Т.Г., 2011. Гидрохимическая характеристика водоемов заповедника «Кивач». *Труды Государственного природного заповедника «Кивач»* 5, 3–15.
- Никольский, Г.В., 1980. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. Пищевая промышленность, Москва, СССР, 182 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон, 2010. Алексеев, В.Р., Цалолихин, С.Я. (ред.). Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 495 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос, 2016. Цалолихин, С.Я. (ред.). Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 457 с.

- Попова, Э.К., Сухов, А.В., 2011. Ихтиофауна водоемов заповедника «Кивач». *Труды Государственного природного заповедника «Кивач»* 1, 222–226.
- Правдин, И.Ф., 1966. Руководство по изучению рыб. Пищевая промышленность, Москва, СССР, 376 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-запад. Ч. 3. Гидрологическое описание рек и озер, 1972. Водогрецкий, В.Е. (ред.). Гидрометеиздат, Ленинград, СССР, 528 с.
- Решетников, Ю.С., 1980. Экология и систематика сиговых рыб. Наука, Москва, СССР, 300 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений, 1983. Абакумов, В.А. (ред.). Наука, Ленинград, СССР, 50 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем, 1992. Абакумов, В.А. (ред.). ГосНИОРХ, Санкт-Петербург, Россия, 318 с.
- Стерлигова, О.П., Ильмаст, Н.В., Первозванский, В.Я., 2014. Рыбное население особо охраняемых территорий Республики Карелия. *Вопросы ихтиологии* 54 (6), 717–725.
- Щербатов, А.Н., 1988. Фауна заповедника «Кивач». Флора и фауна заповедников СССР. Гирометеиздат, Москва, СССР, 6–9.
- Яковлев, В.А., 2005a. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч. 1. Кольский научный центр РАН, Апатиты, Россия, 161 с.
- Яковлев, В.А., 2005b. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Ч. 2. Кольский научный центр РАН, Апатиты, Россия, 145 с.
- Brinkhurst, R.O., 1971. A guide for the identification of British aquatic Oligochaeta. *Freshwater Biological Association Scientific Publications* 22, 1–55.
- Sladeček, V., 1973. System of water quality from biological point of view. *Archiv fur Hydrobiologie und Ergebnisse Limnologie* 7, 1–218.
- Timm, T.A., 2009. Guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. *International Journal of Faunistics and Floristics of European Inland Waters* 66, 236.

References

- Bakanov, A.I., 2000. Ispol'zovaniye zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoyemov (obzor) [Using zoobenthos for monitoring freshwater bodies (review)]. *Biologiya vnutrennikh vod [Inland Waters Biology]* 1, 68–82. (In Russian).
- Balushkina, E.V., 1987. Funktsional'noye znacheniye lichinok khironomid v kontinental'nykh vodoyemakh [Functional significance of chironomid larvae in continental water bodies]. Nauka, Leningrad, USSR, 146–165. (In Russian).
- Brinkhurst, R.O., 1971. A guide for the identification of British aquatic Oligochaeta. *Freshwater Biological Association Scientific Publications* 22, 1–55.
- Dgebuadze, Yu.Yu., 2014. Chuzherodnyye vidy v Golarktike: nekotoryye rezul'taty i perspektivy issledovaniy [Alien species in the Holarctic: some results and research prospects]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy [Russian Journal of Biological Invasions]* 1, 2–8. (In Russian).

- Dgebuadze, Yu.Yu., Chernova, O.F., 2009. Cheshuya kostistyykh ryb kak diagnosticheskaya i registriruyushchaya struktura [Scales of bony fishes as a diagnostic and recording structure]. KMK Scientific Press Ltd, Moscow, Russia, 315 p. (In Russian).
- Ivanter, E.V., 1969. O rybakh zapovednika "Kivach" [About the fishes of the Kivach Nature Reserve]. Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Kivach" [Proceedings of the Kivach State Nature Reserve] **1**, 146–148. (In Russian).
- Ilmast, N.V., Sterligova, O.P., Kuchko, Ya.A., Sharov, A.N., Savosin, E.S., Savosin, D.S., 2021. Ekosistema Maslozera i rezul'taty vseleniya v vodoyem koryushki *Osmerus eperlanus* [Maslozero ecosystem and the results of the introduction of smelt *Osmerus eperlanus* into the reservoir]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy* [Russian Journal of Biological Invasions] **2**, 40–51. (In Russian).
- Kitaev, S.P., 2007. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, 390 p. (In Russian).
- Kriksunov, E.A., Bobyrev, A.E., Burmensky, V.A., 2010. Obespechennost' resursami i yeye rol' v razvitii invazionnykh protsessov [Resource availability and its role in the development of invasive processes]. *Obshchaya biologiya* [Journal of General Biology] **71** (5), 436–451. (In Russian).
- Kulikova, T.P., Ryabinkin, A.V., 2008. Fauna vodnykh ob'yektov zapovednika "Kivach" [Fauna of water bodies of the Kivach Nature Reserve]. Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN [Transactions of the Karelian Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences] **12**, 111–117. (In Russian).
- Kuchko, Ya.A., Ilmast, N.V., Kuchko, T.Yu., 2018. Gidrobiotsenozy ozera Pandozero (zapovednik Kivach, Kareliya) [Hydrobiocenoses of Lake Pandozero (Kivach Nature Reserve, Karelia)]. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: Chemistry and Ecology] **7–9** (116), 119–126. (In Russian).
- Metodicheskiye rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh [Guidelines for the collection and processing of materials in hydrobiological studies], 1984. Smirnov, A.V. (ed.). State Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKh), Leningrad, USSR, 19 p. (In Russian).
- Mina, M.V., 1981. Zadachi i metody izucheniya rosta ryb v prirodnykh usloviyakh [Tasks and methods of studying fish growth under natural conditions]. In: Butorin, N.V. (ed.), *Sovremennyye problemy ikhtologii* [Modern problems of ichthyology]. Nauka, Moscow, Russia, 177–195. (In Russian).
- Mosiyash, S.A., Orlov, T.G., Kuraeva, T.G., 2011. Gidrokhimicheskaya kharakteristika vodoyemov zapovednika "Kivach" [Hydrochemical characteristics of water bodies of the Kivach Nature Reserve]. Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Kivach" [Proceedings of the Kivach State Nature Reserve] **5**, 3–15. (In Russian).
- Nikolsky, G.V., 1980. Struktura vida i zakonomernosti izmenchivosti ryb [Species structure and patterns of fish variability]. Food industry, Moscow, USSR, 182 p. (In Russian).
- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Yevropeyskoy Rossii. T. 1. Zooplankton [Guide to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 1. Zooplankton], 2010. Alekseev, V.R., Tsalolikhin, S.Ya. (eds.). KMK Scientific Press Ltd, Moscow, Russia, 495 p. (In Russian).
- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Yevropeyskoy Rossii. T. 2. Zoobentos [Guide to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos], 2016. Tsalolikhin, S.Ya. (ed.). KMK Scientific Press Ltd, Moscow, Russia, 457p. (In Russian).

- Popova, E.K., Sukhov, A.V., 2011. Ikhtiofauna vodoyemov zapovednika "Kivach" [Ichthyofauna of reservoirs of the Kivach Nature Reserve]. *Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Kivach" [Transactions of the Kivach State Nature Reserve]* 1, 222–226. (In Russian).
- Pravdin, I.F., 1966. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the Study of Fishes]. Food industry, Moscow, USSR, 376 p. (In Russian).
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 1. Kareliya i Severo-zapad. Chast 3. Gidrologicheskoe opisanie rek i ozer [Surface water resources of the USSR. Vol. 2. Karelia and the Northwest. Part 3. Hydrological description of rivers and lakes], 1972. Vodogretsky, V.E. (ed.). Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR, 528 p. (In Russian).
- Reshetnikov, Yu.S., 1980. Ekologiya i sistematika sigovykh ryb [Ecology and taxonomy of whitefish]. Nauka, Moscow, USSR, 300 p. (In Russian).
- Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy [Guide to methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments], 1983. Abakumov, V.A. (ed.). Nauka, Leningrad, USSR, 50 p. (In Russian).
- Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Guide to hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems], 1992. Abakumov, V.A. (ed.). State Research Institute of Lake and River Fisheries (GosNIORKh), St. Petersburg, Russia, 318 p. (In Russian).
- Sladeček, V., 1973. System of water quality from biological point of view. *Archiv fur Hydrobiologie und Ergebnisse Limnologie* 7, 1–218.
- Shcherbakov, A.N., 1988. Fauna zapovednika "Kivach" [Fauna of the Kivach Nature Reserve]. *Flora i fauna zapovednikov SSSR [Flora and Fauna of Nature Reserves of the USSR]*. Girometeoizdat, Moscow, USSR, 6–9. (In Russian).
- Sterligova, O.P., Ilmast, N.V., Pervozvanskii, V.Ya., 2014. Rybnoye naseleniye osobo okhranyayemykh territoriy Respubliki Kareliya [Fish population of specially protected areas of the Republic of Karelia]. *Voprosy ikhtiologii [Journal of Ichthyology]* 54 (6), 717–725. (In Russian).
- Timm, T.A., 2009. Guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. *International Journal of Faunistics and Floristics of European Inland Waters* 66, 236.
- Yakovlev, V.A., 2005a. Presnovodnyy zoobentos Severnoy Fennoskandii (raznoobraziye, struktura i antropogennaya dinamika). Chast' 1 [Freshwater zoobenthos of Northern Fennoscandia (diversity, structure, and anthropogenic dynamics). Part 1]. Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, 161 p. (In Russian).
- Yakovlev, V.A., 2005b. Presnovodnyy zoobentos Severnoy Fennoskandii (raznoobraziye, struktura i antropogennaya dinamika). Chast' 2 [Freshwater zoobenthos of Northern Fennoscandia (diversity, structure and anthropogenic dynamics). Part 2]. Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, 145 p. (In Russian).
- Zhadin, V.I., 1956. Metodika izucheniya donnoy fauny i ekologii donnykh bespozvonochnykh [Methods of studying the bottom fauna and ecology of bottom invertebrates]. In: Zhadin, V.I. (ed.), *Zhizn' presnykh vod SSSR. T. 4, vol. 1 [Life of fresh waters of the USSR. Vol. 4, Part 1]*. Nauka, Moscow – Leningrad, USSR, 279–382. (In Russian).