

УДК 574.587

СОСТОЯНИЕ ЗООБЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕР БАННОЕ (СОЛОВЕЦКИЙ АРХИПЕЛАГ) И ХОЛМОВСКОЕ (БАССЕЙН РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА)

© 2024 г. А. П. Новоселов^a, *, С. Н. Артемьев^a, Е. Г. Пряничникова^b,
Г. А. Дворянкин^a, Н. Ю. Матвеев^a, Е. Н. Имант^a

^a Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова
УрО РАН, Россия 163020 Архангельск, просп. Никольский, 20

^b Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Россия 152742
Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок

*e-mail: alexander.novoselov@rambler.ru

Поступила в редакцию 09.11.2023 г.

После доработки 29.02.2024 г.

Принята к публикации 26.03.2024 г.

Ключевые слова: макрозообентос, озера, Архангельская область, численность, биомасса, кормовая база, качество озерных вод

DOI: 10.31857/S0367059724040081, **EDN:** BASPDL

Животные донной фауны имеют широкий спектр экологических особенностей, достаточно крупные размеры, значительную продолжительность жизни, что способствует аккумуляции ими загрязняющих веществ, и приурочены к конкретным местообитаниям. В результате воздействия антропогенной нагрузки на водные экосистемы могут происходить изменения качественных и количественных показателей макрозообентосных сообществ [1, 2]. Поэтому зообентос — одна из групп организмов, используемых как биологические индикаторы при оценке качества воды [3]. Организмы зообентоса — удобный объект для мониторинга пресноводных экосистем [4]. Также зообентос — важный компонент кормовой базы бентосоядных рыб, и по уровню его развития можно судить о потенциальной рыбопродуктивности водоемов [5].

Макрозообентос озер Соловецкого архипелага изучен неполно. Первые сведения о видовом составе донных сообществ в озерах Соловецких островов были получены А.А. Захваткиным [6–8]. Исследования зообентоса проводили как комплексно, так и выборочно для отдельных групп донных животных. Результаты комплексных исследований зообентоса в 60-х годах прошлого столетия приведены в работе Г.Е. Новосельцева и В.И. Попченко [9]. Позднее были выявлены и исследованы островные эффекты в формировании бентосных сообществ озер Соловецких

островов [10]. О фауне моллюсков отдельно подготовлена обобщающая сводка [11]. По результатам исследований 2005 г. опубликован цикл работ, в которых проанализированы видовой состав и количественная структура локальных фаун моллюсков в озерах Большого Соловецкого острова [12–16].

Цель настоящей работы — сравнительный анализ макрозообентоса двух озер, испытывающих сходную антропогенную нагрузку и располагающихся на островной территории Соловецкого архипелага и материковой части бассейна р. Северная Двина Архангельской области. Макрозообентосные сообщества озер Банное и Холмовское изучены впервые.

Исследования выполнены летом 2022 г. на одном разрезе в оз. Банное и на четырех разрезах в оз. Холмовское. Отобрали и проанализировали 14 проб. Сбор и камеральную обработку материалов осуществляли в соответствии со стандартными методами [17]. Пробы грунта промывали через мельничный газ № 23 с длиной стороны ячейки 0.333 мм. Организмы зообентоса фиксировали 4%-ным раствором формальдегида, нейтрализованным тетраборатом натрия (для большей сохранности донных организмов, имеющих кальциевые скелетные элементы) в пресной воде. Для таксономического определения использовали микроскопы МБС-12 и ADF U300,

взвешивание каждой группы организмов проводили на электронных весах AND GR-200 с точностью до 0.0001 г. При определении донных животных использовали общепринятые идентификаторы [18–20]. Класс качества вод определяли по [21].

Озеро Банное расположено на территории поселка Соловецкий. Водоем относится к категории очень малых озер, имеет высокую проточность. Прозрачность воды менее 1 м. На берегу ранее располагались предприятие по переработке кож и банное хозяйство. В настоящее время на берегу озера ведется активная рекреационная деятельность. Отбор проб был привязан к разным биотопам: ст. № 1 – глубокая часть озера с глубиной 2.3 м, дно илистое с большим количеством мягкой водной растительности; ст. № 2 – глубина 1.7 м, совершенно другой биотоп, характеризующийся песчано-илистым грунтом, чистый от растительности, место проточное.

Озеро Холмовское – пресноводный водоем, расположенный в южной части Приморского района Архангельской области. Площадь озера 10.6 км², длина – 8 км, наибольшая ширина – 1.5 км [22]. На берегах озера расположена деревня Холм. В озере расположено садковое хозяйство по разведению форели, что является источником поступления органических веществ в воду. Отбор проб производился на 4 разрезах в разных частях озера.

Озеро Банное. В озере по численности преобладали олигохеты в количестве 820 экз/м² (60.3%), личинки хирономид – 320 экз/м² (23.5%) и двустворчатые моллюски – 160 экз/м² (11.8%). Единично были отмечены личинки ручейников и мокрецов – 40 экз/м² (2.9%) и 20 экз/м² (1.5%) соответственно. В биомассе доминировали личинки хирономид 12.1 г/м² (83.8%); субдоминантами были олигохеты 1.6 г/м² (11.3%). Меньше было личинок мокрецов 0.1 г/м² (0.4%), ручейников – 0.4 г/м² (2.6%) и двустворчатых моллюсков – 0.3 г/м² (1.9%) (табл. 1).

Средние показатели зообентоса по численности составили 1360 экз/м², по биомассе – 14.45 г/м² (табл. 2). По уровню развития кормовой базы этот водоем может быть отнесен к категории высококормных для рыб-бентофагов [23], имеющих хорошие кормовые биотопы для бентосоядных рыб.

Озеро Холмовское. В озере доминировали личинки хирономид, составлявшие 303 экз/м²

(61.5%) от общей численности. Меньше было олигохет – 125 экз/м² (25.4%), двустворчатых (47 экз/м², или 9.6%) и брюхоногих (17 экз/м², или 3.5%) моллюсков. По биомассе (3.2 г/м², 77.9%) основная часть приходилось на личинок хирономид, доля двустворчатых моллюсков составила 0.33 г/м² (8.0%), брюхоногих моллюсков – 0.32 г/м² (7.8%), олигохет – 0.26 г/м² (6.3%).

Средние значения для всей обследованной акватории оз. Холмовское составили по численности 492 экз/м², по биомассе – 4.11 г/м². В соответствии с рыбохозяйственной классификацией [24] оз. Холмовское можно отнести к категории среднекормных водоемов для рыб-бентофагов.

Качество вод. По значениям индекса Гуднайт-Уотлея (ОИ), который используется для определения загрязнения водоема органическими веществами, воды оз. Банное в его глубоководной части можно отнести к категории грязных с IV классом качества вод по РД, воды в мелководной сточной части – к условно чистым (I класс качества вод). В оз. Холмовское максимальные значения индекса отмечены вблизи садкового форелевого хозяйства, минимальные – в кутовой части озера. В целом оз. Холмовское на момент исследования относилось к условно чистым водам с I классом качества вод по РД.

Среднее значение биотического индекса Вудивисса (ВІ) для оз. Банное составило 4.00 ± 2.00 , что соответствует альфа-мезосапробным водоемам и характеризует воды как умеренно загрязненные, для оз. Холмовское – олигосапробный водоем с чистыми водами [26]. Низкие значения индекса Шеннона в оз. Банное указывают на бедное видовое разнообразие макрозообентоса, в оз. Холмовское – на умеренное.

Таким образом, исследования макрозообентосных сообществ показали, что озера характеризуются относительно низким таксономическим богатством, количественные показатели имеют широкий диапазон, что свидетельствует о высокой микромозаичной изменчивости. Воды оз. Банное в период проведения исследования можно отнести к умеренно загрязненным, оз. Холмовское – к условно чистым.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование в оз. Холмовское выполнено в рамках государственного задания по теме

Таблица 1. Таксономический состав макрозообентоса озер и процентное соотношение его основных групп

Таксон	Оз. Банное		Оз. Холмовское	
	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
Тип Annelida				
Класс Clitellata				
Oligochaeta	60.3	11.3	25.5	6.3
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparède, 1862)	—	—	1.9	1.0
<i>Potamothrix hammoniensis</i> (Michaelson, 1901)	—	—	16.1	3.6
<i>Potamothrix moldaviensis</i> (Vejdovsky and Mrazek, 1902)	—	—	3.9	0.4
<i>Spirosperma ferox</i> (Eisen, 1879)	—	—	0.8	0.2
<i>Tubifex tubifex</i> (O. F. Müller, 1774)	60.3	11.3	2.8	1.2
Класс Insecta				
Diptera	25.0	84.2	61.6	77.8
<i>Chironomus</i> f. l. <i>plumosus</i> (lv)	16.0	83.5	20.8	71.2
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (lv) (Kieffer, 1918)	—	—	4.5	0.2
<i>Procladius choreus</i> (lv) (Kieffer, 1924)	1.0	0.03	3.7	0.1
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>holochlorus</i> (lv) Kieffer, 1925	4.4	0.2	1.5	0.1
<i>Polypedilum scalenum</i> (lv) (Schränk, 1803)	—	—	0.7	0.03
<i>Cladopelma viridula</i> (lv) (Linnaeus, 1767)	—	—	0.7	0.03
<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i> (lv)	—	—	2.0	0.1
<i>Monodiamesa</i> gr. <i>bathyphyla</i> (lv)	—	—	5.2	5.3
<i>Mallochohelea inermis</i> (lv) (Kieffer, 1909)	2.1	0.03	—	—
<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i> (lv)	—	—	21.1	0.7
Chironomidae gen.sp. (pp)	—	—	1.5	0.1
Ceratopogonidae gen. sp. (lv)	1.5	0.4	—	—
Trichoptera	2.9	2.6	—	—
Trichoptera gen. sp.(lv)	2.9	2.6	—	—
Тип Mollusca				
Bivalvia	11.8	1.9	9.6	8.0
<i>Euglesa</i> sp. juv	—	—	5.4	4.2
<i>Euglesa</i> sp.	—	—	2.5	2.9
<i>Euglesa</i> sp.1	—	—	1.4	0.5
<i>Euglesa</i> sp.2	—	—	1.2	0.8
<i>Euglesa</i> sp.3	—	—	1.8	2.3
Pisidiidae gen. sp.	11.8	1.9	—	—
Gastropoda	—	—	3.4	7.9
<i>Planorbis</i> sp.	—	—	3.4	7.9

Таблица 2. Количественные показатели макрозообентоса озер и характеристика экологического состояния водной экосистемы по донным организмам (приведены средние значения показателей, а также ошибка средней арифметической)

Показатели	Озеро	
	Банное	Холмовское
Число таксонов	5 ± 2	8 ± 3
Численность (N), экз/м ²	1360 ± 640	492 ± 216
Биомасса (B), г/м ²	14.45 ± 3.48	4.13 ± 0.84
Биотический индекс Вудивисса (BI)	4.00 ± 2.00	5.50 ± 2.50
Олигохетный индекс Гуднайт–Уотлея (ОИ)	41.00	29.11 ± 5.30
Индекс Шеннона (H _N), бит/экз.	1.27 ± 0.21	2.26 ± 0.26
Индекс Шеннона (H _B), бит/г	0.77 ± 0.54	1.30 ± 0.51

“Изучение изменений в экосистеме р. Северная Двина и в водоемах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Европейского Северо-Востока России в условиях климатических сукцессий и воздействия антропогенных факторов” (гос. № 122011800593-4), в оз. Банное — при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22-14-20045 “Оценка современного состояния пресноводных экосистем Соловецкого архипелага (фундаментальный и прикладной аспекты)”.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

При использовании животных в качестве объектов исследования соблюдались применимые этические нормы. В исследовании опыты/эксперименты над животными не проводились. Организмы зообентоса отбирали из естественных местообитаний и сразу фиксировали, а затем использовали при анализе.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новоселов А.П., Имант Е.Н., Артемьев С.Н. и др. Современное состояние планктонных и бентосных сообществ устьевой области р. Северная Двина // *Экология*. 2022. № 3. С. 211–220. <https://doi.org/10.31857/S0367059722030088>
2. Яныгина Л.В. Зообентос бассейна Верхней и Средней Оби: воздействие природных и антропогенных факторов: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток, 2014. 39 с.
3. Новоселов А.П., Студёнов И.И., Козьмин А.К. и др. Видовое разнообразие и динамика показателей кормовой базы рыб оз. Лача. Ч. 2. Зообентос // *Arctic Environmental Research*. 2017. Т. 17. № 3. С. 233244.
4. Баканов А.И. Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем. Мониторинг биоразнообразия. М.: ИПЭЭ РАН, 1997. С. 278–282.
5. Перова С.Н., Щербина Г.Х. Макрозообентос Рыбинского и Горьковского водохранилищ — как кормовая база рыб-бентофагов // Трофические связи в водных сообществах и экосистемах: Мат-лы Междунар. конф. Борок, 2003. С. 99–100.
6. Захваткин А.А. К познанию Соловецких озёр. Соловки: Изд-во Бюро печати УСЛОН (Материалы Соловецкого отд. Арх. общества краеведения. Вып. 4), 1926.
7. Захваткин А.А. Изменчивость *Limnea stagnalis* L. в Соловецких озёрах // К познанию фауны Соловецких островов: Мат-лы Соловецкого отд. Арх. общества краеведения. Вып. 7. Соловки: Изд-во Бюро печати УСЛОН, 1927. С. 7–17.
8. Захваткин А.А. Соловецкие озёра: краткий гидро-биологический очерк // Материалы Соловецкого отд. Арх. общества краеведения. Вып. 9. Соловки: Изд-во Бюро печати УСЛОН, 1927. 142 с.
9. Новосельцев Г.Е., Попченко В.И. Донная фауна озёр Большого Соловецкого острова. Материалы по комплексному изучению Соловецких озёр. Петрозаводск: Карелия, 1972. С. 68–83.
10. Соколова С.У., Беспалая Ю.В., Болотов И.Н., Аксенова О.В. Островные эффекты в бентосных сообществах озёр Соловецких островов // Материалы научно-практической конференции по водным ресурсам (включая биологические ресурсы) Соловецкого архипелага. Архангельск, 2014. С. 63–65.
11. Беспалая Ю.В. Пресноводные моллюски водоемов Соловецких островов Белого моря: итоги пятилетних исследований // Проблемы мониторинга природной среды Соловецкого архипелага: Мат-лы V Всероссийской науч. конф. Архангельск, 2010. С. 6–7.
12. Беспалая Ю.В., Болотов И.Н. Локальные фауны моллюсков Европейского Севера России: озёра острова Большой Соловецкий // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные и точные науки. 2006. № 2. С. 36–46.
13. Беспалая Ю.В., Болотов И.Н., Зубриц Н.А. Топические группировки моллюсков в озёрах острова Большой Соловецкий (Соловецкий архипелаг. Белое море. Северо-Запад России) // Биология внутренних вод. 2009. № 2. С. 79–89.
14. Беспалая Ю.В. Структура и видовое разнообразие топических группировок моллюсков в озёрах Соловецких островов и Онежского полуострова (Северо-Запад России) // *Экология*. 2011. № 2. С. 126–133.
15. Усачева О.В. Особенности видового разнообразия малакоценозов озёр Соловецких островов и материковых водоемов // Проблемы мониторинга природной среды Соловецкого архипелага: Мат-лы III Всероссийской науч. конф. Архангельск, 2008. С. 73–75.
16. Усачева О.В. Моллюски в каналах северной подсистемы Святого озера острова Большой Соловецкий // Проблемы мониторинга природной среды Соловецкого архипелага: Мат-лы IV Всероссийской науч. конф. Архангельск, 2009. С. 67–68.
17. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. Абакумова В.А. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 319 с.
18. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.2. Зообентос / Под ред. Алексеева В.Р., Цалолихина С.Я. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2016. 457 с.

19. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2011. 2019 с.
20. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейств Podonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л.: Наука, 1977. 154 с.
21. РД 52.24.309-2016 “Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши”. М.: ГХИ. Росгидромет, 2016.
22. Быков В.М., Ермолин Б.В. Радиоактивность донных отложений озер Лачи и Холмовского тайги Архангельской области // Труды Архангельского центра Русского географического общества. Вып. 5. Архангельск: Соломбальская типография, 2017. С. 205–211.
23. Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И. и др. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР // Изв. ГосНИОРХ. Л., 1968. Т. 67. С. 205–225.
24. Timm T.A. Guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of northern and central Europe // Lauterbornia. 2009. V. 66. 235 p.

STATE OF ZOOBENTHIC COMMUNITIES IN LAKES BANNOE (SOLOVETSKY ARCHIPELAGO) AND KHOLMOVSKOE (NORTHERN DVINA RIVER BASIN)

A. P. Novoselov^{a, *}, S. N. Artemyev^a, E. G. Pryanichnikova^b, G. A. Dvoryankin^a,
N. Yu. Matveev^a, and E. N. Imant^a

^a Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
Russia 16300 Arkhangelsk

^b Institute of Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences,
Russia 152742 Yaroslavl region, Nekouzsky district, pos. Borok

*e-mail: alexander.novoselov@rambler.ru

Keywords: macrozoobenthos, lakes, Arkhangelsk region, abundance, biomass, food supply, quality of lake waters