

УДК 574.587:592

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА МАКРОЗООБЕНТОСА РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ В ПРЕДЕЛАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. А. Валькова

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

Представлена характеристика макрозообентоса разнотипных водоемов, расположенных на северо-западе Мурманской области в пределах Зеленого пояса Фенноскандии. В составе донных беспозвоночных животных определено 70 таксонов различного ранга. К типу членистоногих (Arthropoda) относились 89 % всех обнаруженных систематических групп, среди них личинки амфибиотических насекомых составляли > 95 %. Основная часть насекомых представлена личинками двукрылых – семейством хирономиды (Chironomidae). Большинство выявленных таксонов относились к эвритопным, характеризующимся высокой экологической пластичностью видам, что определяло высокий уровень сходства фауны водоемов условно-фоновой и импактной зон: из 70 обнаруженных таксономических групп гидробионтов 39 были общими. Структура зообентоса литорали и глубоководных участков исследованных водоемов в целом сходна, однако состав доминирующих групп характеризуется значительной вариабельностью в водоемах как фоновой, так и импактной зон. Зообентосные сообщества глубоководных участков водоемов формируются двустворчатыми моллюсками (6–32 % общей биомассы), хирономидами (29–81 %) и олигохетами (5–40 %). В зоне литорали на каменистых грунтах преобладают хирономиды (24–61 %), ручейники (18–53 %) и брюхоногие моллюски (3–23 %). Количественные показатели бентофауны исследованных водоемов Зеленого пояса Фенноскандии варьировали в широких пределах: 190–1937 экз./м² и 0,2–9,7 г/м² в глубоководных зонах и 968–4982 экз./м² и 4,8–24,9 г/м² в зоне литорали.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пресноводные водоемы; бентофауна; таксономическое разнообразие; численность; биомасса; антропогенное загрязнение.

S. A. Valkova. TAXONOMIC COMPOSITION AND STRUCTURE OF MACROZOOBENTHOS IN LAKES OF DIFFERENT TYPES IN THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA (THE MURMANSK REGION)

A description of macrozoobenthos in different types of water bodies located in the North-West of the Murmansk Region within the Green Belt of Fennoscandia is presented. Surveys revealed 70 taxa of aquatic invertebrates in the lakes. 89 % of all the identified systematic groups belonged to the type Arthropoda. A majority of insects were chironomids (Chironomidae). Most of the identified taxa can be characterized as eurytopic species with high ecological plasticity, which resulted in a high level of similarity between the benthic fauna of the lakes in the background and the impact zones. Among the 70 identified taxonomic groups, 39 taxa were present in both zones. The zoobenthos

structure of the littoral and pelagic areas of the studied lakes is similar, but the composition of the dominant groups was highly variable in both the background and the impact zones. Bivalvia (6–32 % of the total biomass), Chironomidae (29–81 %) and Oligochaeta (5–40 %) dominated in pelagic areas. Chironomidae (24–61 %), Trichoptera (18–53 %) and Gastropoda (3–23 %) dominated in the littoral zone on stony substrates. The abundance and biomass of the benthic fauna of the investigated lakes varied widely: 190–1937 ind./m² and 0.2–9.7 g/m² in pelagic zones and 968–4982 ind./m² and 4.8–24.9 g/m² in the littoral zone.

Key words: lakes; benthic fauna; taxonomic diversity; abundance; biomass; anthropogenic pollution.

Введение

Мурманская область является северным пределом распространения многих видов пресноводных бентосных беспозвоночных, однако в целом макрозообентос региона разнообразен и включает практически все систематические группы, характерные для пресных водоемов Палеарктики. Детальный фаунистический обзор бентофауны Северной Фенноскандии представлен в работе В. А. Яковлева [2005]. Для региона описано > 500 видов водных беспозвоночных, принадлежащих к различным систематическим группам. Наибольшим таксономическим разнообразием отличаются хирономиды (> 120 видов и форм), ручейники (~ 50), жуки (~ 50), поденки и веснянки (> 60). Основу фауны зообентоса составляют виды европейского, европейско-сибирского и палеарктического распространения, космополиты представлены исключительно аннелидами, доля холодноводных арктических видов незначительна [Яковлев, 2005].

В Зеленом поясе Фенноскандии (ЗПФ) сконцентрировано большое число как уже созданных, так и планируемых ООПТ, а также водоохранные леса, естественным образом их связывающие. Образующуюся природоохранную сеть на территории Мурманской области в рамках ЗПФ можно рассматривать как один из ключевых элементов экологического каркаса Европейского Севера [Боровичев и др., 2018].

Изучение таксономического разнообразия и структуры зообентосных сообществ на приграничной с Финляндией и Норвегией территории в пределах ЗПФ представляет интерес, поскольку на северо-западе Мурманской области имеются как ненарушенные пресноводные экосистемы, так и антропогенно трансформированные водоемы и водотоки. Полученные данные могут быть использованы в гидробиологическом мониторинге состояния пресноводных экосистем при проектировании ООПТ.

Подробные исследования зообентоса выполнены для ряда водоемов, находящихся

в зоне влияния медно-никелевого комбината «Печенганикель» АО «Кольская ГМК» [Яковлев и др., 1991; Моисеенко и др., 1999; Lukin et al., 2003; Яковлев, 2005; Кашулин и др., 2018]. В то же время бентосная фауна фоновых, ненарушенных озер приграничной территории практически не изучалась. В ряде работ экологической направленности содержатся только фрагментарные сведения по отдельным группам водных беспозвоночных [Яковлев, 2002, 2009].

В данном сообщении представлены результаты исследований, направленных на получение современных сведений о таксономическом составе и структуре сообществ зообентоса разнотипных водоемов, расположенных на северо-западе Мурманской области в пределах Зеленого пояса Фенноскандии.

Объекты и методы

Представленная работа основана на данных сборов 65 количественных и качественных проб зообентоса, полученных в ходе полевых исследований на 12 разнотипных водоемах, расположенных на приграничной территории России, Финляндии и Норвегии в пределах Зеленого пояса Фенноскандии. Работы проводились в летний период 2007–2013 гг. (табл. 1).

Отбор проб донной фауны в глубоководных зонах водоемов осуществлялся дночерпателем Экмана – Берджа (площадь захвата грунта 1/40 м²). Количественные и качественные сборы из мелководных участков (на глубине < 1 м) производили с помощью сачка-скребка, снабженного рамой 30×30 см, а также организмы собирали с определенной площади, используя количественную рамку размером 25×25 см.

Анализ бентосных проб проводили с использованием рекомендованных стандартных методик [Руководство..., 1992]. Определение беспозвоночных проводилось по Определителю зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России [2016], Определителю пресноводных беспозвоночных России и сопредель-

Таблица 1. Объем отобранных проб зообентоса и некоторые характеристики исследованных водоемов

Table 1. The volume of samples of zoobenthos and some characteristics of the studied lakes

Водоем Lakes	Дата отбора Date of sampling	Количество отобранных проб зообентоса Number of zoobenthos samples			Характеристика грунта Characteristic of bottom sediments		Площадь водоема, км ² Area, km ²	Максим. глубина, м Maxim. depth, m
		количественные quantitative		качествен- ные quality	профундаль deep-water zone	литораль littoral zone		
		профундаль deep-water zone	литораль littoral zone	литораль littoral zone				
Условно-фоновые водоемы Background lakes								
Ала-Наутсиярви Ala-Nautsijarvi	27.08.2013	3	2	-	ил silt	галечно- валунный pebble- boulder	18,8	30
Иля-Наутсиярви Ilja-Nautsijarvi	10.08.2013	3	2	-	ил silt	галечно- валунный pebble- boulder	3,32	8
Тоартесъяур Toartesjaur	08.08.2013	3	2	1	ил silt	галечно- валунный pebble- boulder	0,57	5
Виртуовощъяур Virtuovoshjaur	29.08.2012	3	2	-	ил silt	галечно- песчаный pebble- sand	1,25	13
Риуттикъяуре Riuttikjaure	07.08.2013	3	2	1	ил silt	галечно- валунный pebble- boulder	0,86	6
Кочеяур Kochejaur	29.08.2012	3	2	-	ил silt	галечно- валунный pebble- boulder	3,2	8
Водоемы в импактной зоне медно-никелевого комбината Lakes in the impact zone of the copper-nickel plant								
Куэтсъярви Kuetsjarvi	25.07.2009 24.07.2010 23.08.2012	2 3 4	- 2 2	- - 1	ил silt	галечно- валунный pebble- boulder	17,0	37
Пиккуярви Pikkujarvi	31.07.2013	3	2	1	ил silt	галечно- песчаный pebble- sand	0,05	5
Ала-Суокеръярви Ala-Suokerjarvi	15.08.2007	2	-	-	ил silt	галечно- песчаный pebble- sand	0,14	11
Суокер-1 Suoker-1	15.08.2007	2	-	-	ил silt	галечно- песчаный pebble- sand	0,03	4,5
Суокер-2 Suoker-2	15.08.2007	2	-	-	ил silt	галечно- песчаный pebble- sand	0,03	2.4
Шуониярви Shuonijaur	02.08.2013	3	3	1	ил silt	галечно- валунный pebble- boulder	11,3	10

ных территорий под редакцией С. Я. Цалолихина [2000, 2001] и An introduction the aquatic insects of North America [Merritt, Cummins, 1984]. Для фиксирования проб использовали 4%-й формалин или 70–80%-й спирт.

Для характеристики показателей развития зообентоса рассчитывали среднюю численность (экз./м²) и биомассу (г/м²) гидробионтов в озере и для отдельных зон водоема (литораль и профундаль), стандартное отклонение этих показателей по серии проб, относительные величины численности и биомассы (%), встречаемость (%) групп в пробах. Выделение доминирующих в составе сообществ таксонов проводили отдельно по численности и биомассе беспозвоночных, используя классификацию С. Ульфстранда, по которой доминанты составляют не менее 25 %, а субдоминанты – не менее 10 % от общей биомассы [Ulfstrand, 1968]. Для оценки видового разнообразия сообществ использовали индекс Шеннона – Уивера (H), рассчитанный с учетом численности видов.

Для оценки взаимосвязи между количественными показателями развития донных организмов и некоторыми морфометрическими характеристиками водоемов (площадь акватории, средняя и максимальная глубина) и гидрохимическими параметрами среды использовался коэффициент корреляции Пирсона, значимость коэффициента корреляции оценивали с помощью критерия Стьюдента. Для оценки сходства фаун применяли коэффициент Сьеренсена – Чекановского [Песенко, 1982]. Расчеты осуществляли в программе Statistica 6.0 for Windows.

Исследованные водоемы расположены на северо-западе Мурманской области в приграничном районе России, Финляндии и Норвегии в лесной и лесотундровой зонах. Относятся к водосбору реки Паз, за исключением озера Кочеяур, которое принадлежит к водосбору реки Тулома [Экологический..., 2009].

Водоемы различаются по своим физико-географическим параметрам и степени антропогенного воздействия. Озера Куэтсьярви, Пиккуярви, Ала-Суокеръярви, Суокер-1, Суокер-2 и Шуониярви находятся в импактной зоне комбината «Печенганикель» АО «Кольская ГМК», который считается одним из основных источников эмиссии SO_x, NO_x, Ni и Cu в Северной Фенноскандии. Выбросы диоксида серы с комбината приводят к закислению поверхностных вод и их загрязнению вследствие интенсификации процессов выщелачивания элементов из горных пород [Моисеенко и др., 1996; Моисеенко, Базова, 2016]. Озеро Куэтсьярви расположено вблизи пгт. Никель, по реке Колосйоки в водоем поступают сточные воды

предприятия. В 1,4 км к западу от него находится озеро Пиккуярви. Озера Ала-Суокеръярви, Суокер-1, Суокер-2 являются частью озерно-речной системы реки Соукерйоки, расположены в 6 км от комбината «Печенганикель». Озеро Шуониярви находится в 60-километровой зоне от руднично-обогатительного комплекса АО «Кольская ГМК».

Остальные водоемы расположены вблизи государственной границы с Финляндией, на расстоянии от 80 до 110 км от Печенгской площадки АО «Кольская ГМК» и могут рассматриваться как условно-фоновые (рис.).

По площади зеркала большая часть озер относится к категории малых, площадью менее 1 км², только Ала-Наутсиярви и Куэтсьярви – к средним (> 10 км²). Глубина водоемов варьирует от 3 до 13 м, максимальные глубины: 30 м (Ала-Наутсиярви) и 37 м (Куэтсьярви). Большинство водоемов имеют ледниковое происхождение, Ала-Наутсиярви и Куэтсьярви – тектоническое [Экологический..., 2009; Ylikörkkö et al., 2015].

Поверхностные природные воды на исследуемой территории по кислотности «нормальные», относятся к классу сульфатов по классификации О. А. Алекина [1970]. Минерализация вод варьировала от 14,0 до 69,0 мг/л, максимальные значения были отмечены для озера Куэтсьярви [Экологический..., 2009].

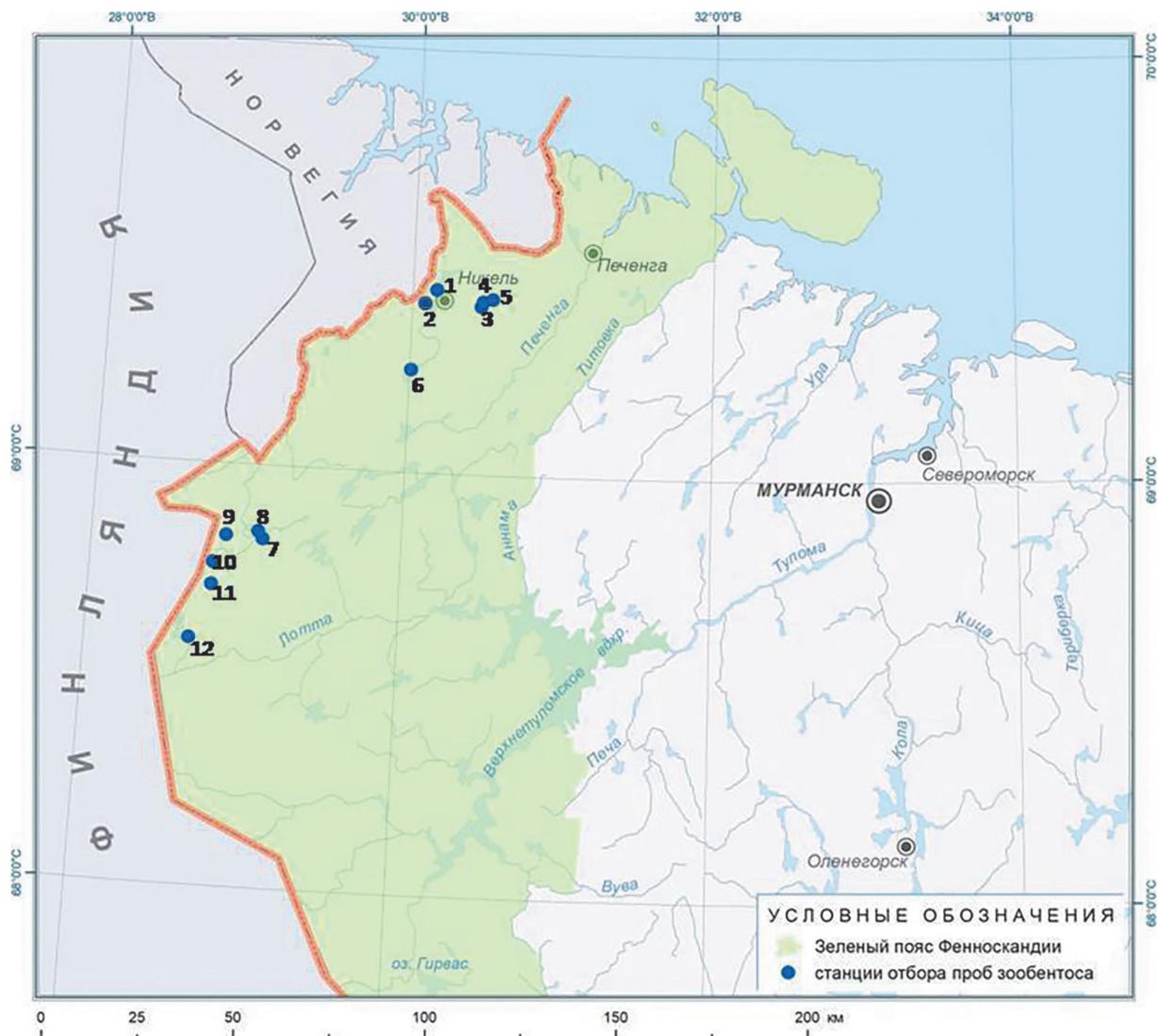
Содержание общего фосфора в исследованных водоемах составляло в среднем 9 мкг/л. Максимальные концентрации общего фосфора зафиксированы в озере Куэтсьярви (11–37 мкг P/л), а также в неглубоком, хорошо прогреваемом озере Пиккуярви (12–17 мкг P/л).

Значения общего азота составляли в среднем 186 мкг N/л. Исключением также было озеро Пиккуярви – 474–782 мкг N/л [Экологический..., 2009; Kashulin, Sandimirov, 2011; Ylikörkkö et al., 2015].

В поверхностных слоях донных отложений исследованных водоемов отмечается увеличение, по сравнению со средним фоновым содержанием в озерах Печенгского района, концентраций тяжелых металлов, которые выбрасываются в атмосферу комбинатом «Печенганикель», – Cu, Ni, Zn, Co, Cd, Pb, Cr [Даувальтер и др., 2015].

Наибольшие концентрации Ni (32–354 мкг/л) и Cu (4,5–29,0 мкг/л) наблюдались в озерах, расположенных вблизи предприятия, в остальных водоемах содержание Ni изменялось от 0,1 до 9,5 мкг/л, Cu – от 0,3 до 2,6 мкг/л.

Для алюминия и железа отмечалась иная картина распределения. Высокие концентрации Al наблюдаются в озерах, расположенных как на значительном расстоянии от комбина-



Карта-схема района исследований.

Водоемы в импактной зоне медно-никелевого комбината: 1 – Куэтсьярви, 2 – Пиккуярви, 3 – Ала-Суокеръярви, 4 – Суокер-1, 5 – Суокер-2, 6 – Шуонияур; условно-фоновые водоемы: 7 – Ала-Наутсиярви, 8 – Иля-Наутсиярви, 9 – Тоартесьяур, 10 – Виртуовощьяур, 11 – Риуттикьяуре, 12 – Кочеяур

Map of the study area.

Lakes in the impact zone of the copper-nickel plant: 1 – Kuetsjarvi, 2 – Pikkujarvi, 3 – Ala-Suokerjarvi, 4 – Suoker-1, 5 – Suoker-2, 6 – Shuonijaur;

background lakes: 7 – Ala-Nautsjarvi, 8 – Ilja-Nautsjarvi, 9 – Toartesjaur, 10 – Virtuovoshjaur, 11 – Riuttikjaure, 12 – Kochejaur

та «Печенганикель», так и вблизи него. Максимальные концентрации Al (до 200 мкг/л) и Fe (до 380 мкг/л) характерны для озера Пиккуярви.

Остальные озера не показали загрязнения поверхностных слоев донных отложений [Экологический..., 2009; Yikörkkö et al., 2015; Дау-вальтер и др., 2015].

Результаты и обсуждение

В составе зообентоса исследованных водоемов отмечено 70 таксонов донных беспоз-

воночных, принадлежащих к 12 систематическим группам: олигохеты (Oligochaeta: *Tubifex tubifex* Müll., 1774; *Lumbriculus variegatus* Müll., 1774; *Naididae* sp.; *Spirosperma ferox* Eisen, 1879), пиявки (Hirudinea: *Glossiphonia complanata* L., 1758), двустворчатые моллюски (Bivalvia: *Sphaerium corneum* L., 1758; *Pisidium conventus* Clessin, 1877; *P. amnicum* Müll., 1774; *Euglesa* sp.), брюхоногие моллюски (Gastropoda: *Valvata (Valvata) cristata* Müll., 1774; *Anisus (Bathyomphalus) contortus* L., 1758; *Lymnaea* sp.; *L. ovata* Drap., 1805), водные клещи (Hyd-

racarina), хирономиды (Chironomidae: *Macropelopia* sp., *Procladius choreus* gr., *Arctopelopia* sp., *Ablabesmyia* sp., *Protanypus morio* Zett., 1838, *P. caudatus* Edwards, 1924, *Lappodiamesa* sp., *Monodiamesa bathyphila* Kieff., 1918, *Prodiamesa olivacea* Meig., 1818, *Cricotopus silvestris* gr., *Psectrocladius* sp., *Orthoclaadiinae* sp., *Corynoneura* sp., *Heterotrissocladus* sp., *Zalutschia* sp., *Cladotanytarsus* sp., *Glyptotendipes* sp., *Dicrotendipes nervosus* Staeger, 1839, *Cryptotendipes* sp., *Limnochironomus tritonus* gr., *Paratanytarsus* sp., *Chironomus (Chironomus) anthracinus* Zett., 1860, *Ch. cingulatus* Meig., 1830, *Ch. sp. 1*, *Ch. sp. 2*, *Micropsectra* sp., *Stictochironomus* sp., *Corinocera ambigua* Zett., 1837, *Demicryptochironomus* sp., *Cryptochironomus defectus* gr., *Polypedilum (Uresipedilum) convictum* Walker, 1856, *P. sp.*, *P. scalaenum* gr., *P. (Pentapedilum) exectum* gr., *Sergentia coracina* gr.), двукрылые (Diptera), жесткокрылые (Coleoptera: *Dytiscus l.* sp., *Hydrophilus* sp., *Oreodytes* sp.), полужесткокрылые (Hemiptera: *Sigara* sp.), ручейники (Trichoptera: *Potamophylax* sp., *Phryganea* sp., *Neureclipsis bimaculata* L., 1758, *Polycentropus flavomaculatus* Pictet., 1834, *Limnephilus* sp., *L. stigma* Curtis, 1834, *Triaenodes* sp., *Holocentropus* sp., *Oxyethira* sp., *Molana* sp.), поденки (Ephemeroptera: *Baetis rhodani* Pictet., 1843, *Heptagenia fuscogrisea* Müll., 1776, *Caenis* sp.), веснянки (Plecoptera: *Nemoura* sp. и *Isoperla* sp.).

К типу членистоногих (Arthropoda) относились 89 % всех обнаруженных таксонов, личинки амфибиотических насекомых среди них составляли > 95 %.

Основная часть насекомых была представлена личинками двукрылых, а именно семейством хирономиды (Chironomidae), из них на долю подсемейства Chironominae приходилось 57 % (20 видов и форм), Orthoclaadiinae – 17 % (6), Tanypodinae – 11 % (4), Diamesinae и Prodiamesinae – 3 и 2 вида соответственно. Широко распространены в водоемах (встречаемость в пробах 60–90 %) представители родов *Chironomus*, *Procladius (Holotanytus)*, *Sergentia*, *Psectrocladius*, *Cricotopus*, *Paratanytarsus* и *Glyptotendipes*.

Вторая по встречаемости и разнообразию видов группа зообентоса – ручейники. Наиболее распространены в исследованных водоемах родов *Limnephilus* и *Phryganea* (встречаемость по пробам 50–70 %).

Среди олигохет преобладали Tubificidae и Naididae. Пиявки были представлены только видом *G. complanata*.

Брюхоногие моллюски – обычные компоненты прибрежных зон малых озер, в сборах об-

наружены Planorbidae, Lymnaeidae и Valvatidae. Двустворчатые моллюски были представлены семейством Sphaeriidae (Euglesinae, Pisidiinae и Sphaeriinae).

В литоральной зоне водоемов обычны клопы семейства Corixidae, поденки *B. rhodani*, *H. fuscogrisea* и *Caenis* sp., веснянки родов *Nemoura* и *Isoperla*, а также личинки и имаго жесткокрылых (*Dytiscus* sp., *Oreodytes* sp., *Hydrophilus* sp.).

В зоогеографическом плане основу макрозообентоса исследованных водоемов составляли виды, имеющие палеарктическое распространение, также представлены группы, имеющие голарктическое и европейское распространение, и космополиты. По отношению к трофическим условиям большинство обнаруженных видов являются олигосапробами, также встречаются эврибионты, способные обитать в диапазоне условий от мезо- до олигосапробных. По типу питания согласно классификации В. А. Яковлева [2005], разработанной для водоемов Северной Фенноскандии, в сообществах исследованных водоемов преобладали детритофаги-грунтозаглатыватели (40 % от общего количества выявленных видов), размельчители (21 %) и хищники (14 %). Доля грунтозаглатывателей, потребляющих илистый грунт с разлагающейся органикой, выше в биоценозах глубоководных участков водоемов, где развит детритный путь утилизации ОВ. На литорали повышается роль пастбищной цепи, возрастает доля соскребателей и размельчителей [Яковлев, 2005].

Условно-фоновые водоемы. Количественные показатели и структура зообентоса исследованных водоемов неоднородна. В глубоководных участках всех водоемов донная фауна была представлена четырьмя типичными для мягких заиленных грунтов группами беспозвоночных – двустворчатыми и брюхоногими моллюсками, хирономидами и олигохетами. Количественные показатели также значительно варьировали по озерам: численность от 190 до 2000 экз./м², биомасса – от 1 до 9,7 г/м² (табл. 2).

Максимальные значения численности и биомассы зообентоса были отмечены для мелководного, с заболоченными берегами, озера Тоартесьяур. Основу донной фауны этого водоема формировали эвтрофные хирономиды *Limnochironomus tritonus* gr., доля которых в сообществах зообентоса составляла > 80 % от общей численности и биомассы беспозвоночных. В озерах Риуттикьяуре и Ала-Наутсиярви высока доля олигохет – 45 и 48 % соответственно, на втором месте по обилию были хи-

Таблица 2. Структура (%) и количественные показатели зообентоса глубоководных зон условно-фоновых водоемов

Table 2. The structure and average number and biomass of zoobenthos in deep-water zones of the background lakes

Организмы и показатели Taxa and indicators	Виртуовошь- яур Virtuovoshjaur	Кочеяур Kochejaur	Иля- Наутсиярви Ilja-Nautsijarvi	Ала- Наутсиярви Ala-Nautsijarvi	Тоартесьяур Toartesjaur	Риуттикьяуре Riuttikjauere
Oligochaeta	-	-	-	$\frac{48^*}{39}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{45}{38}$
Gastropoda	-	-	-	0	$\frac{3}{8}$	$\frac{10}{12}$
Bivalvia	-	-	-	$\frac{27}{32}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{15}{18}$
Chironomidae	-	-	-	$\frac{25}{29}$	$\frac{88}{81}$	$\frac{30}{32}$
Общее кол-во таксонов Number of taxa	-	-	2	7	10	10
Индекс Шеннона (H) Shannon index (H)	-	-	-	2,42	1,12	2,50
Средняя численность, экз./м ² Mean values of number, ind./m ²	-	-	190,0 ± 23,6	415,2 ± 44,8	1937,6 ± 234,1	692 ± 327,0
Средняя биомасса, г/м ² Mean values of biomass, g/m ²	-	-	1,0 ± 0,4	2,1 ± 0,6	9,7 ± 0,8	3,5 ± 1,1

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4: в числителе – % от общей численности зообентоса, в знаменателе – % от общей биомассы зообентоса.

Note. Here and in Tables 3, 4: in the numerator – % of overall number of zoobenthos, in the denominator – % of overall biomass of zoobenthos.

рономиды (30 и 25 %). В составе хирономидных сообществ в озере Риуттикьяуре, где на значительной части акватории произрастают макрофиты, доминантами были фитофильные личинки рода *Cricotopus* (58 % от общей численности группы). В крупном глубоководном озере Ала-Наутсиярви преобладали хирономиды *Chironomus* sp. и *Procladius choreus* gr. (66 % от общего количества хирономид). Трофический статус озера Тоартесьяур оценивается как эвтрофный согласно шкале С. П. Китаева [2007], Риуттикьяуре – мезотрофный и Ала-Наутсиярви – олиготрофный.

В озерах Виртуовошьяур и Кочеяур бентос в глубоководной зоне не обнаружен. Здесь в пробах были найдены только пустые домики ручейников рода *Molanna* в значительных количествах (до нескольких десятков в пробе). По содержанию биогенных элементов оба водоема характеризуются как олиготрофные, однако за счет своеобразных морфометрических характеристик природный водообмен в озерах замедлен, что приводит к более интенсивному осаждению взвешенных частиц [Экологический..., 2009]. Дно водоемов покрыто толстым слоем ила-сапропеля, представляющего собой неразложившиеся остатки зоопланктона, зообентосных организмов и органического вещества. Аналогичные особенности глубоководных участков наблюдались и для озера Иля-Наутсиярви, где в составе донной фауны были обнаружены только единичные экземпляры хирономид и двустворчатых моллюсков подсемейства *Euglesinae*.

ружены только единичные экземпляры хирономид и двустворчатых моллюсков подсемейства *Euglesinae*.

Фауна литоральной зоны в видовом отношении была более разнообразной. В литоральной зоне исследованных водоемов обнаружено > 30 таксонов различного ранга (табл. 3). Основу бентосных сообществ и по численности и по биомассе формировали хирономиды, ручейники и брюхоногие моллюски, суммарно доля этих групп составляла 65–90 % от общей численности бентофауны и 68–92 % от общей биомассы, также встречались веснянки, поденки, жесткокрылые и клопы (табл. 3).

Численность литорального зообентоса варьировала от 970 до 4880 экз./м². Преобладание в сообществах животных с относительно крупными индивидуальными размерами определяло высокий уровень биомассы литоральной фауны: 4,8–24,9 г/м². Средние значения индекса видового разнообразия Шеннона по численности изменялись от 3,4 до 3,8 бит/экз.

Водоемы в импактной зоне медно-никелевого комбината. Донная фауна системы лесотундровых озер Ала-Суокерьярви – Суокер-1 – Суокер-2 наиболее бедна как количественно, так и качественно. Встречаемость организмов в пробах не превышала 40 %. В период исследований в составе зообентоса водоемов единично отмечены олигохеты, хирономиды и двустворчатые моллюски, доминирующей

Таблица 3. Таксономический состав, структура и количественные показатели зообентоса литоральной зоны условно-фоновых водоемов

Table 3. Taxonomic composition, the structure and quantitative indicators of zoobenthos in the littoral zone of background lakes

Организмы и показатели Taxa and indicators	Виртуовошъяур Virtuovoshjaur	Кочеяур Kochejaur	Иля- Наутсиярви Ilja-Nautsijarvi	Ала- Наутсиярви Ala-Nautsijarvi	Тоартесъяур Toartesjaur	Риуттикъяуре Riuttikjauere
Bivalvia:	$\frac{7^*}{6}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{2}{2}$
<i>Sphaerium corneum</i>	+		+			
<i>Euglesa</i> sp.	+	+	+	+	+	+
Gastropoda:	$\frac{3}{8}$	$\frac{11}{10}$	$\frac{17}{23}$	$\frac{15}{18}$	$\frac{11}{15}$	$\frac{15}{12}$
<i>Valvata cristata</i>			+			
<i>Anisus contortus</i>		+	+			
<i>Lymnaea</i> sp.						+
<i>L. ovata</i>	+	+	+	+	+	+
Trichoptera:	$\frac{27}{33}$	$\frac{22}{34}$	$\frac{21}{31}$	$\frac{12}{18}$	$\frac{11}{18}$	$\frac{48}{53}$
<i>Potamophylax</i> sp.	+					+
<i>Limnephilus</i> sp.	+	+	+		+	+
<i>Phryganea</i> sp.	+	+	+	+		+
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>		+	+			
<i>Limnephilus stigma</i>	+	+	+	+		
<i>Triaenodes</i> sp.	+	+			+	
<i>Holocentropus</i> sp.			+	+	+	
Chironomidae:	$\frac{44}{28}$	$\frac{38}{31}$	$\frac{47}{38}$	$\frac{36}{32}$	$\frac{57}{55}$	$\frac{26}{24}$
<i>Glyptotendipes</i> sp.	+	+				
<i>Arctopelopia</i> sp.	+	+	+		+	+
<i>Procladius choreus</i> gr.	+	+	+	+		
<i>Orthoclaadiinae</i> sp.		+	+			+
<i>Paratanytarsus</i> sp.		+		+	+	
<i>Chironomus</i> sp.	+	+	+		+	+
<i>Psectrocladius</i> sp.	+			+	+	+
<i>Cricotopus silvestris</i> gr.	+	+	+	+		+
Ephemeroptera:	$\frac{5}{7}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{4}{2}$	0	$\frac{7}{7}$	$\frac{3}{2}$
<i>Baetis rhodani</i>	+	+			+	+
<i>Heptagenia fuscogrisea</i>	+	+				
<i>Caenis</i> sp.			+		+	
Plecoptera:	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{3}$	0	0	0	$\frac{2}{1}$
<i>Nemoura</i> sp.	+	+				
<i>Isoperla</i> sp.		+				+
Hirudinea:		$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{3}$	0	0
<i>Glossiphonia complanata</i>		+	+	+		
Oligochaeta:	0	$\frac{9}{4}$	0	$\frac{15}{10}$	0	$\frac{2}{2}$
		+	+	+		+
Hydracarina:	0	0	0	$\frac{3}{1}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{2}{1}$
				+	+	+
Diptera I.	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	0	0	$\frac{4}{1}$	0
	+	+			+	

Table 3 (continued)

Организмы и показатели Taxa and indicators	Виртуовошь- яур Virtuovoshjaur	Кочеяур Kochejaur	Иля- Наутсиярви Ilja-Nautsijarvi	Ала- Наутсиярви Ala-Nautsijarvi	Тоартесъяур Toartesjaur	Риуттикьяуре Riuttikjauere
Coleoptera:	$\frac{10}{12}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{6}{11}$	0	$\frac{2}{1}$
<i>Dytiscus l. sp.</i>	+	+	+	+		+
<i>Hydrophilus sp.</i>	+					
<i>Oreodytes sp.</i>	+	+				
Hemiptera:	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{1}$	0	$\frac{2}{3}$	0	0
<i>Sigara sp.</i>	+	+		+		
Общее кол-во таксонов Number of taxa	22	25	19	14	13	16
Индекс Шеннона (H) Shannon index (H)	3,81	3,78	3,55	3,34	3,21	3,40
Средняя численность, экз./м ² Mean values of number, ind./m ²	2595 ± 353	4982 ± 551	1833 ± 258	1142 ± 120	968 ± 154	2145 ± 327
Средняя биомасса, г/м ² Mean values of biomass, g/m ²	12,9 ± 1,7	24,9 ± 2,7	9,1 ± 1,3	5,7 ± 0,6	4,8 ± 0,8	10,7 ± 1,6

группой и по численности и по биомассе во всех водоемах были ручейники Limnephilidae – 60–90 % численности и 50–65 % биомассы зообентоса. Численность донной фауны не превышала 300 экз./м², биомассы – 0,2 г/м².

Озеро Куэтсъярви. По результатам исследований, проведенных в 2009–2012 гг., разнообразие бентосных сообществ глубоководных участков озера Куэтсъярви было невысоко, в составе донной фауны отмечены олигохеты, хирономиды и двустворчатые моллюски *Euglesa sp.* Численность бентоса в зоне профундали составляла в среднем 506,9 экз./м², биомасса – 2,1 г/м², при значительном варьировании обоих показателей как по глубинам, так и по станциям отбора: min–max численности – 69–1660 экз./м², min–max биомассы – 0,3–6,8 г/м². Доминировали в донных сообществах хирономиды, составляя 30–45 % от общего количества беспозвоночных и 50–70 % общей биомассы. Всего для озера Куэтсъярви описано 28 видов и форм хирономид [Яковлев и др., 1991; Mousavi et al., 2003; Яковлев, 2005]. За период наших исследований в сборах отмечено 18 видов, из них в глубоководной зоне водоема встречалось 13, доминирующий комплекс был представлен 3 видами, на долю которых приходилось > 70 % от общей численности хирономид: *Sergentia coracina*, широко распространенный в глубоководных зонах различных озер Мурманской области холодноводный вид, и устойчивые к загрязнению вод тяжелыми ме-

таллами эврибионтные *Chironomus sp.* и *Procladius olivacea*. Значения индекса Шеннона для зоны профундали не превышали 1 бит/экз. по всей акватории водоема, варьируя в пределах 0,79–0,98 бит/экз. Олигохетный индекс составлял 42 %, при варьировании по пробам – от 20 до 80 %. Трофический статус вод озера оценивается как олиготрофный, что в значительной степени обусловлено токсическим загрязнением вод стоками комбината «Печенганикель» АО «Кольская ГМК», способствующими процессам «олиготрофизации» водоема [Яковлев, 2005].

В литоральной зоне озера Куэтсъярви в составе зообентоса отмечено 20 таксонов водных организмов (табл. 4). Наиболее чувствительные к загрязнению группы – поденки, веснянки, пиявки и ракообразные – в пробах не обнаружены. Численность бентофауны в прибрежной зоне составляла в среднем 1680 экз./м², биомасса 7,5 г/м². Основу сообществ зообентоса формировали хирономиды (61 % от общей биомассы литорального зообентоса), представленные 9 видами (табл. 4), доминировали в составе хирономидных комплексов широко распространенные в водоемах региона, в том числе загрязненных, *Cricotopus silvestris gr.* и *Procladius choreus gr.* Субдоминантами были ручейники (17 %) и полужесткокрылые (7 %).

Среди исследованных водоемов импактной зоны комбината «Печенганикель» озеро Пикку-

Таблица 4. Таксономический состав и количественные показатели зообентоса литорали водоемов в импактной зоне медно-никелевого комбината

Table 4. Taxonomic composition and quantitative indicators of zoobenthos of the littoral zone in the impact zone of the copper-nickel plant

Организмы и показатели Taxa and indicators	Куэтсъярви Kuetsjarvi	Шуонияур Shuonijaur	Пиккуярви Pikkujarvi
Bivalvia:	$\frac{10^*}{5}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{2}{2}$
<i>Euglesa</i> sp.	+	+	+
Gastropoda:	$\frac{8}{3}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{15}{23}$
<i>Valvata cristata</i>	+	+	+
<i>Anisus contortus</i>		+	
<i>Lymnaea ovata</i>	+	+	+
Trichoptera:	$\frac{12}{17}$	$\frac{18}{23}$	$\frac{4}{6}$
<i>Limnephilus</i> sp.	+	+	
<i>Phryganea</i> sp.		+	+
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	+		
<i>Oxyethira</i> sp.	+		
<i>Molanna</i> sp.	+	+	
Chironomidae:	$\frac{49}{61}$	$\frac{56}{47}$	$\frac{22}{25}$
<i>Glyptotendipes</i> sp.	+		
<i>Arctopelopia</i> sp.	+	+	+
<i>Procladius choreus</i> gr.	+	+	+
<i>Orthoclaadiinae</i> sp.	+	+	+
<i>Paratanytarsus</i> sp.		+	
<i>Chironomus</i> sp.	+	+	
<i>Psectrocladius</i> sp.	+		+
<i>Cricotopus silvestris</i> gr.	+		+
<i>Protanypus caudatus</i>	+		
<i>Polypedilum</i> sp.	+		
Ephemeroptera:	0	$\frac{2}{2}$	$\frac{6}{4}$
<i>Caenis</i> sp.		+	+
Plecoptera:	0	$\frac{2}{0,5}$	$\frac{2}{1}$
<i>Nemoura</i> sp.		+	
Oligochaeta:	$\frac{14}{6}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{44}{37}$
	+	+	+
Hirudinea:	0	0	$\frac{4}{2}$
<i>Glossiphonia complanata</i>			+
Diptera I.	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{1}{0,5}$
	+	+	+
Coleoptera:	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{1}{0,5}$	0
<i>Dytiscus</i> l.		+	
<i>Oreodytes</i> sp.	+		
Hemiptera:	$\frac{5}{7}$	$\frac{2}{3}$	0
<i>Sigara</i> sp.	+	+	
Общее кол-во таксонов Number of taxa	20	18	13

Окончание табл. 4

Table 4 (continued)

Организмы и показатели Taxa and indicators	Куэтсъярви Kuetsjarvi	Шуонияур Shuonijaur	Пиккуярви Pikkujarvi
Индекс Шеннона (H) Shannon index (H)	3,08	2,54	2,18
Средняя численность, экз./м ² Mean values of number, ind./m ²	1680 ± 172	1349 ± 220	1730 ± 309
Средняя биомасса, г/м ² Mean values of biomass, g/m ²	7,5 ± 1,3	6,7 ± 1,1	8,6 ± 1,5

ярви отличалось наиболее высокими средними значениями численности и биомассы донной фауны: 620 экз./м² и 3,1 г/м² в глубоководной зоне и 1730 экз./м² и 8,6 г/м² в зоне литорали. Доминировали в составе зообентоса и профундальных и литоральных биоценозов олигохеты Tubificidae (35 % численности и 48 % биомассы профундального зообентоса, 44 % численности и 37 % биомассы литорального зообентоса). В глубоководных участках водоема субдоминантом были хирономиды *Chironomus* sp. и *Procladius choreus* gr. (25 % биомассы). В прибрежной зоне руководящий комплекс дополняли брюхоногие моллюски и хирономиды рода *Psectrocladius*. Такая структура бентосных сообществ характерна для эвтрофных малых озер региона, в донных отложениях которых наблюдается массовое развитие пелофильных личинок хирономид и олигохет [Моисеенко и др., 1999; Яковлев, 2005]. Полученные данные хорошо согласуются с результатами гидрохимического анализа. Как отмечено выше, для водоема характерны наиболее высокие среди исследованных озер концентрации биогенных веществ, в первую очередь нитратов и фосфатов. Процессам эвтрофикации водоема, по-видимому, способствует приток биогенных элементов с водосборной площади озера. Трофический статус вод озера по уровню биомассы зообентоса оценивается как мезотрофный.

В составе донной фауны озера Шуонияур отмечено 23 таксона. В глубоководных участках водоема бентофауна была представлена олигохетами, хирономидами и двустворчатыми моллюсками *Euglesa* sp. и *Pisidium*. Доминантами являлись личинки хирономид (> 45 % от общей численности и биомассы), преимущественно холодолюбивые олиго-мезотрофные *Sergentia coracina* и *Procladius choreus* gr. Численность зообентоса в зоне профундали составляла 576 экз./м², биомасса – 2,9 г/м². Трофический статус вод озера по уровню биомассы оценивается как мезотрофный. В литоральной зоне в составе донной фауны также преобладали хирономиды (56 % общей численности и 47 %

биомассы зообентоса), преимущественно *Procladius choreus* gr. и *Arctopelopia* sp., дополняли руководящий комплекс ручейники (18 %) и брюхоногие моллюски (13 %).

Сравнение таксономического состава макрозообентоса водоемов фоновой и импактной зон показало, что фауна исследованных озер характеризовалась значительным сходством: из 70 обнаруженных таксономических групп гидробионтов 39 были общими, коэффициент Сьеренсена – Чекановского составлял 0,76. Из них во всех озерах присутствовали олигохеты *Tubifex tubifex* и *Naididae* sp., двустворчатые моллюски *Euglesa* sp., брюхоногие моллюски *L. ovata* и хирономиды *Chironomus* sp. и *Procladius choreus* gr., другие группы были зарегистрированы в сообществах отдельных водоемов каждой из зон. Высокий уровень сходства фауны водоемов условно-фоновой и импактной зон обусловлен тем, что большинство выявленных таксонов относились к эвритопным, характеризующимся высокой экологической пластичностью видам.

Ряд групп беспозвоночных (14 таксонов) отмечены только в озерах фоновой зоны: водные клещи, олигохеты *L. variegatus* и *S. ferox*, моллюски-шаровки *S. corneum*, чувствительные к загрязнению вод тяжелыми металлами ручейники *Holocentropus* sp., *Potamophylax* sp., *Triaenodes* sp., *P. flavomaculatus*, поденки *H. sulphurea* и *Baetis* sp., веснянки *Isoperla* sp., жуки *Hydrophylus* sp., хирономиды *Chironomus* sp. и ацидофобные личинки *C. ambigua*. 17 таксонов гидробионтов выявлены только в водоемах импактной зоны медно-никелевого комбината: моллюски-горошинки *Pisidium*, ручейники *Neureclipsis bimaculata* и *Oxyethira* sp., хирономиды *S. coracina*, *P. olivacea*, *Protanypus* sp., *Stictochironomus* sp., *M. bathyphila*, *Zalutschia* sp., *Cladotanytarsus* sp., *Glyptotendipes* sp., *Demicryptochironomus* sp., *Heterotrissocladus* sp., *D. nervosus*, *Corynoneura* sp., *Macropelopia* sp.

Структура зообентоса литорали и глубоководных участков исследованных водоемов в целом была сходна, однако состав домини-

рующих групп характеризовался значительной вариабельностью в водоемах как фоновой, так и импактной зоны, что, вероятно, определялось разнообразием условий обитания.

На примере озер различных ландшафтов Фенноскандии показано, что разнообразие и структурно-функциональные показатели сообществ зообентоса в малых озерах определяются комплексом природных зональных, азональных и локальных факторов [Яковлев, 2005]. В водоемах импактной зоны медно-никелевого комбината «Печенганикель» основным фактором, определяющим разнообразие, количественные показатели и особенности структуры зообентоса, является концентрация тяжелых металлов в воде и донных отложениях. В то же время значительную роль играют сопутствующие факторы, в частности, постоянное поступление биогенных элементов в водоем и повышенная минерализация вод способствуют снижению негативных последствий от токсификации, обуславливая относительно высокое таксономическое разнообразие и количественные показатели зообентоса таких водоемов [Моисеенко и др., 1999].

Мы проанализировали характер взаимосвязи между показателями развития донных организмов (видовое разнообразие, общая численность и биомасса донных беспозвоночных, относительное обилие отдельных групп зообентоса) и некоторыми морфометрическими характеристиками исследованных водоемов (площадь акватории, средняя и максимальная глубины) и гидрохимическими параметрами среды (рН, общая минерализация, содержание элементов-биогенов – азота, фосфора, кальция, магния, калия и тяжелых металлов – алюминия, железа, меди, никеля, цинка). Данные по химическому составу вод исследованных водоемов, использованные для корреляционного анализа, содержатся в гидрохимической базе данных Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН.

Достоверных корреляций между морфометрическими параметрами исследованных водоемов, разнообразием и количественными показателями зообентоса не выявлено.

Общая численность зообентоса исследованных водоемов достоверно коррелировала (при $\alpha = 0,05$) с содержанием биогенных элементов – азота ($r = 0,68$), фосфора ($r = 0,74$), натрия ($r = 0,63$) и магния ($r = 0,56$), биомасса – с теми же показателями, но в меньшей степени ($0,55 \leq r \leq 0,60$). От концентрации загрязняющих веществ численность и биомасса донной фауны обнаруживали слабую обратную зависимость ($0,38 \leq r \leq 0,45$).

Число статистически значимых корреляций для разных групп зообентоса оказалось неодинаковым. Наибольшее количество достоверных корреляций с исследованными факторами среды выявлено для олигохет. Наиболее значимыми оказались корреляции численности этой группы с содержанием биогенных элементов (азота ($r = 0,78$), фосфора ($r = 0,76$), натрия ($r = 0,73$), калия ($r = 0,82$)), а также общей минерализацией вод ($r = 0,68$) и концентрациями тяжелых металлов в воде – никеля ($r = -0,80$), меди ($r = -0,56$) и железа ($r = -0,60$). Для ручейников значимыми были коэффициенты корреляции с содержанием фосфора ($r = 0,49$) и азота ($r = 0,41$). Относительная численность двустворчатых моллюсков достоверно коррелировала с содержанием цинка ($r = -0,63$). Для остальных групп зообентоса достоверных корреляций не выявлено.

Заключение

В составе зообентоса исследованных водоемов отмечено 70 таксонов донных беспозвоночных различного ранга. Большинство выявленных групп относятся к обычным компонентам зообентоса водоемов Палеарктики, широко распространенным в пресноводных экосистемах региона. В зоогеографическом плане фаунистический состав бентофауны исследованных водоемов в пределах Зеленого пояса Фенноскандии Мурманской области можно охарактеризовать как палеарктический с наличием голарктических и бореальных элементов.

Основу зообентоса мягких илов в глубоководных участках исследованных водоемов формировали моллюски, личинки хирономид и олигохеты. Фауна литоральной зоны в видовом отношении была более разнообразной, основу донных биоценозов и по численности и по биомассе формировали хирономиды, ручейники и брюхоногие моллюски. Фоновые водоемы лесной зоны отличались относительно высоким таксономическим разнообразием зообентоса, значениями индекса видового разнообразия Шеннона и наличием в составе бентофауны индикаторных групп, чувствительных к загрязнению, что свидетельствует о благоприятных условиях для многих донных беспозвоночных и низком уровне загрязнения водной среды. Водоемы в импактной зоне медно-никелевого комбината характеризовались значительной вариабельностью таксономического разнообразия и количественных показателей зообентоса.

Численность и биомасса донной фауны исследованных водоемов обнаруживали слабую обратную зависимость от концентрации за-

грязняющих веществ и достоверно коррелировали с содержанием биогенных элементов.

Статья подготовлена в рамках выполнения госзадания ИППЭС КНЦ РАН, тема «Закономерности функционирования арктических пресноводных экосистем в условиях изменения глобального климата и усиления антропогенного воздействия», № гос. рег. 0226-2019-0045.

Литература

Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 217 с.

Боровичев Е. А., Петрова О. В., Крышень А. М. О границах Зеленого пояса Фенноскандии в Мурманской области // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 8. С. 141–146. doi: 10.17076/bg770

Даувальтер В. А., Кашулин Н. А., Денисов Д. Б. Тенденции изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер Севера Фенноскандии в последние столетия // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 9. С. 62–75. doi: 10.17076/lim40

Кашулин Н. А., Даувальтер В. А., Денисов Д. Б., Валькова С. А., Вандыш О. И., Терентьев П. М., Зубова Е. М., Королева И. М., Косова А. Л., Черепанов А. А. Комплексные исследования пресноводных экосистем Фенноскандии // Труды КНЦ РАН: Прикладная экология Севера. 2018. № 6. С. 34–86. doi: 10.25702/KSC.2307–5252.2018.9.9.34–86

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

Моисеенко Т. И., Базова М. М. Закисление вод и его влияние на содержание элементов в природных водах Кольского Севера // Геохимия. 2016. № 1. С. 126–140. doi: 10.7868/S0016752516010106

Моисеенко Т. И., Родюшкин И. В., Даувальтер В. А., Кудрявцева Л. П. Формирование качества поверхностных вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водосборы Арктического бассейна. Апатиты: КНЦ РАН, 1996. 263 с.

Моисеенко Т. И., Шаров А. Н., Вандыш О. И., Луккин А. А., Яковлев В. А. Изменения биоразнообразия поверхностных вод Севера в условиях закисления, евтрофирования и токсичного загрязнения // Водные ресурсы. 1999. Т. 26, № 4. С. 492–501.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресноводных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. М.; СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. 457 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые / Под общ. ред. С. Я. Цалолыхина. СПб.: Наука, 2001. 825 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Двукрылые

насекомые / Под общ. ред. С. Я. Цалолыхина. СПб.: Наука, 2000. 997 с.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 399 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Экологический каталог озер Мурманской области. Северо-западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран / Отв. ред. Н. А. Кашулин. Апатиты: КНЦ РАН, 2009. Ч. 1. 226 с.; Ч. 2. 262 с.

Яковлев В. А. Воздействие тяжелых металлов на пресноводный зообентос: 1. Бионакопление // Экологическая химия. 2002. № 11(1). С. 27–39

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

Яковлев В. А. Фауна и распространение личинок вислокрылок (Sialidae, Megaloptera) в Северной Фенноскандии в зависимости от природных и антропогенных факторов // Биология внутренних вод. 2009. № 3. С. 5–10

Яковлев В. А., Нёст Т., Лангеланд А. Состояние фауны водных беспозвоночных организмов в приграничных районах СССР и Норвегии. Апатиты: АН СССР, 1991. 54 с.

Kashulin N. A., Sandimirov S. S. Water quality in the Lake Kuetsjarvi – monitoring report for 2000–2008 // Pasvik Water quality report. Environmental Monitoring Programme in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area. 2011. No. 7. P. 28–34.

Lukin A. A., Dauvalter V. A., Kashulin N. A., Yakovlev V. A., Sharov A. N., Vandysch O. I. Assessment of copper-nickel industry impact on a subarctic lake ecosystem // Sci. Total Environ. 2003. Vol. 306. P. 73–83.

Merritt R. W., Cummins K. W. (eds). An introduction the aquatic insects of North America. Second Edition. Kendall/Hunt Publishing company Dubuque, Iowa, 1984. 722 p.

Mousavi S. K., Primicerio P., Amundsen P.-A. Diversity and structure of Chironomidae (Diptera) communities along a gradient of heavy metal contamination in a subarctic watercourse // Sci. Total Environ. 2003. Vol. 307. P. 93–110.

Ulfstrand S. Benthic animal communities in Lapland stream. Oikos, 1968. Vol. 10. P. 1–20.

Ylikörkkö J., Christensen G., Kashilin N., Denisov D., Andersen H., Jelkänen E. Environmental challenges in the joint border area of Norway, Finland and Russia. Reports 41 / Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland. Kokkola: Juvenes Print, 2015. 169 p.

Поступила в редакцию 29.05.2019

References

Alekin O. A. Osnovy gidrokhimii [Basics of hydrochemistry]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970. 217 p.

Borovich E. A., Petrova O. V., Kryshen' A. M. O graniatsakh Zelenogo poyasa Fennoskandii v Murmanskoj

oblasti [On the borders of the Green Belt of Fennoscandia in the Murmansk Region]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2018. No. 8. P. 141–146. doi: 10.17076/bg770

Dauval'ter V. A., Kashulin N. A., Denisov D. B. Tendentsii izmeneniya sodержaniya tyazhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh ozer Severa Fennoskandii v poslednie stoletiya [Trends in heavy metals content in bottom sediments of lakes in the North of Fennoscandia over recent centuries]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRS RAS]. 2015. No. 9. P. 62–75. doi: 10.17076/lim40

Ekologicheskii katalog ozer Murmanskoi oblasti. Ch. 1. Severo-zapadnaya chast' Murmanskoi oblasti i prigranichnye territorii sopredel'nykh stran [Ecological catalog of the lakes of the Murmansk Region. North-western part of the Murmansk Region and border areas]. Ed. N. A. Kashulin. Apatity: KSC RAS, 2009. Part 1. 226 p.; Part 2. 262 p.

Kashulin N. A., Dauval'ter V. A., Denisov D. B., Val'kova S. A., Vandysh O. I., Terent'ev P. M., Zubova E. M., Koroleva I. M., Kosova A. L., Cherepanov A. A. Kompleksnye issledovaniya presnovodnykh ekosistem Fennoskandii [Comprehensive studies of freshwater ecosystems of Fennoscandia]. *Trudy KNTs RAN: Prikklad. ekol. Severa* [Trans. Kola Sci. Centre: Appl. Ecol. of the North]. 2018. No. 6. P. 34–86. doi: 10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.9.34-86

Kitaev S. P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 395 p.

Moiseenko T. I., Bazova M. M. Zakislenie vod i ego vliyanie na sodержanie elementov v prirodnykh vodakh Kol'skogo Severa [Acidification of water and its influence on the content of elements in the natural waters of the Kola North]. *Geokhim.* [Geochem. Int.]. 2016. No. 1. P. 126–140. doi: 10.7868/S0016752516010106

Moiseenko T. I., Rodyushkin I. V., Dauval'ter V. A., Kudryavtseva L. P. Formirovanie kachestva poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii v usloviyakh antropogennykh nagruzok na vodosbory Arkticheskogo basseina [Formation of the quality of surface water and bottom sediments under the conditions of anthropogenic loads on the watersheds of the Arctic basin]. Apatity: KSC RAS, 1996. 263 p.

Moiseenko T. I., Sharov A. N., Vandysh O. I., Lukin A. A., Yakovlev V. A. Izmeneniya bioraznobraziya poverkhnostnykh vod Severa v usloviyakh zakisleniya, evtrofirovaniya i toksichnogo zagryazneniya [Changes in the biodiversity of the surface waters of the North under conditions of acidification, eutrophication and toxic pollution]. *Vodnye resursy* [Water Resources]. 1999. Vol. 26, no. 4. P. 492–501.

Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T. 2. Zoobentos [Key to zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos]. Moscow; St. Petersburg: T-vo nauch. izd. KMK, 2016. 457 p.

Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. T. 5. Vysshie nasekomye [Key to freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. Vol. 5. Insects]. Ed. S. Ya. Tsalolikhin. St. Petersburg: Nauka, 2001. 825 p.

Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. Vol. 4. Dvukrylye nase-

komye [Key to freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. Vol. 4. Diptera insects]. Ed. S. Ya. Tsalolikhin. St. Petersburg: Nauka, 2000. 997 p.

Pesenko Y. A. Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh [Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies]. Moscow: Nauka, 1982. 399 p.

Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii [Guidance on methods of hydrobiological analysis of surface water and bottom sediments]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 318 p.

Yakovlev V. A. Vozdeistvie tyazhelykh metallov na presnovodnyi zoobentos: 1. Bionakoplenie [Impact of heavy metals on freshwater zoobenthos: 1. Bioaccumulation] *Ekol. khimiya* [Ecol. Chemistry]. 2002. No. 11(1). P. 27–39.

Yakovlev V. A. Presnovodnyi zoobentos Severnoi Fennoskandii (raznootobrazie, struktura i antropogennaya dinamika) [Freshwater zoobenthos of northern Fennoscandia (diversity, structure and anthropogenic dynamics)]. Part 1. Apatity: KSC RAS, 2005. 161 p.

Yakovlev V. A. Fauna i rasprostraneniye lichinok vislokrylok (Sialidae, Megaloptera) v Severnoi Fennoskandii v zavisimosti ot prirodnykh i antropogennykh faktorov [The fauna and distribution of the larvae of alderflies (Sialidae, Megaloptera) in northern Fennoscandia, depending on natural and anthropogenic factors]. *Biol. vnutrennykh vod* [Inland Water Biol.]. 2009. No. 3. P. 5–10.

Yakovlev V. A., Nest T., Langeland A. Sostoyaniye fauny vodnykh bespozvonochnykh organizmov v prigranichnykh raionakh SSSR i Norvegii [The state of the fauna of aquatic invertebrates in the border regions of the USSR and Norway]. Apatity: AN SSSR, 1991. 54 p.

Kashulin N. A., Sandimirov S. S. Water quality in the Lake Kuetsjarvi – monitoring report for 2000–2008. *Pasvik Water quality report. Environmental Monitoring Programme in the Norwegian, Finnish and Russian Border Area.* 2011. No. 7. P. 28–34.

Lukin A. A., Dauval'ter V. A., Kashulin N. A., Yakovlev V. A., Sharov A. N., Vandysh O. I. Assessment of copper-nickel industry impact on a subarctic lake ecosystem. *Sci. Total Environ.* 2003. Vol. 306. P. 73–83.

Merritt R. W., Cummins K. W. (eds). An introduction the aquatic insects of North America. Second Edition. Kendall/Hunt Publishing company Dubuque, Iowa, 1984. 722 p.

Mousavi S. K., Primicerio P., Amundsen P.-A. Diversity and structure of Chironomidae (Diptera) communities along a gradient of heavy metal contamination in a subarctic watercourse. *Sci. Total Environ.* 2003. Vol. 307. P. 93–110.

Ulfstrand S. Benthic animal communities in Lapland stream. *Oikos*, 1968. Vol. 10. P. 1–20.

Ylikörkkö J., Christensen G., Kashulin N., Denisov D., Andersen H., Jelkänen E. Environmental challenges in the joint border area of Norway, Finland and Russia. Reports 41. Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Lapland. Kokkola: Juvenes Print, 2015. 169 p.

Received May 29, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:**Валькова Светлана Александровна**

научный сотрудник, к. б. н.

Институт проблем промышленной экологии Севера –
обособленное подразделение ФИЦ «Кольский научный
центр РАН»

ул. Ферсмана, 14а, Апатиты, Мурманская обл., Россия,
184209

эл. почта: Valkova@inep.ksc.ru

тел.: (81555) 79776, 89211556448

CONTRIBUTOR:**Valkova, Svetlana**

Institute of North Industrial Ecology Problems,

Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences

14a Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia

e-mail: Valkova@inep.ksc.ru

tel.: (81555) 79776, +79211556448