

УДК 574.5

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ ОЗЕР В ЗОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОНЧЕГОРСКОЙ ПЛОЩАДКИ АО «КОЛЬСКАЯ ГМК»

**Д. Б. Денисов, С. А. Валькова, П. М. Терентьев,  
А. А. Черепанов, А. В. Разумовская**

*Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение  
ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН», Апатиты Мурманской обл., Россия*

Представлены результаты комплексных экологических исследований пяти малых озер, находящихся в зоне непосредственного воздействия Мончегорской площадки АО «Кольская ГМК». Выявлено, что экосистемы водоемов находятся в условиях экстремального загрязнения, характеризуются обедненным видовым составом гидробионтов и их количественными показателями. Озеро Кумужье, с наименее трансформированным водосбором, больше всего соответствует природным биотическим показателям. Озеро Нюдъявр, принимающее стоки металлургических цехов, дополнительно подвержено антропогенному эвтрофированию, что, очевидно, отчасти способствует устойчивости гидробионтов к токсической нагрузке. Установлено, что использование традиционных гидробиологических критериев оценки качества вод и трофического статуса для исследованных водоемов ограничено.

**Ключевые слова:** малые озера; медно-никелевое производство; гидрохимия; планктон; бентос; ихтиофауна; макрофиты.

**D. B. Denisov, S. A. Valkova, P. M. Terentjev, A. A. Cherepanov,  
A. V. Razumovskaya. ECOLOGICAL STATE OF SMALL LAKES IN THE  
IMPACT ZONE OF THE MONCHEGORSK SITE OF JSC “KOLSKAYA GMK”**

Multidisciplinary ecological studies of five small lakes under direct impact of the Monchegorsk site of JSC «Kolskaya GMK» have been carried out. The lakes' ecosystems are exposed to critically heavy pollution, and are characterized by a poorer species composition of aquatic organisms and low values of their abundance and biomass. The biota of Lake Kumuzhye, with its least disturbed catchment, is the closest to the natural state. Lake Nyudyavr, which receives metal processing wastewater, is additionally suffering anthropogenic eutrophication, which probably contributes in part to the resistance of aquatic organisms to toxic stress. Traditional hydrobiological criteria for the assessment of water quality and trophic status were found to be of limited applicability to the studied water bodies.

**Keywords:** small lakes; copper-nickel production; hydrochemistry; plankton; benthos; ichthyofauna; macrophytes.

## Введение

Металлургическая промышленность является одним из наиболее опасных для состояния окружающей природной среды производств. Тяжелые металлы (ТМ) относятся к категории приоритетных загрязняющих водные экосистемы веществ из-за их высокой токсичности и способности к аккумуляции в гидробионтах [Mousavi et al., 2003; Чухлебова и др., 2011; Колесников, Бойченко, 2012; Колесник, 2014; Giripunje et al., 2016]. Малые пресные водоемы промышленных регионов Арктической зоны являются наиболее уязвимыми компонентами природной среды, что делает их хорошими индикаторами антропогенного загрязнения. В зоне влияния Мончегорской площадки АО «Кольская горно-металлургическая компания» (МП КГМК) расположены ряд малых озер, подверженных непосредственному загрязнению стоками медно-никелевого производства наряду с интенсивным аэротехногенным загрязнением. Экосистемы этих водоемов развиваются в условиях долговременной экстремальной техногенной нагрузки, сочетающей высокие концентрации загрязнителей в воде и донных отложениях [Даувальтер, Кашулин, 2011], значительную деградацию почвенного покрова и растительности на водосборе, выпадение кислотообразующих соединений с атмосферными осадками. Предыдущие исследования влияния МП КГМК на водные объекты были посвящены преимущественно озеру Имандра [Антропогенные..., 2002], куда в конечном итоге поступают стоки металлургических цехов, в то время как информация об экологическом состоянии малых озер, с учетом населяющих их гидробионтов, ограничивается рядом специализированных отчетов [Исследование..., 2006].

Цель данной работы – оценить современное состояние основных абиотических (химический состав вод) и биотических (планктон, бентос, ихтиофауна) компонентов экосистем малых озер в зоне влияния МП КГМК и выявить последствия долговременного промышленного загрязнения.

## Материалы и методы

Район исследования расположен в западной части Кольского полуострова на территории Мончегорского района Мурманской области. Всего изучено 5 озер, находящихся в непосредственной близости от зданий и сооружений МП КГМК (рис., табл. 1). В результате интенсивного развития промышленной и транспортной инфраструктуры, выбросов большого ко-

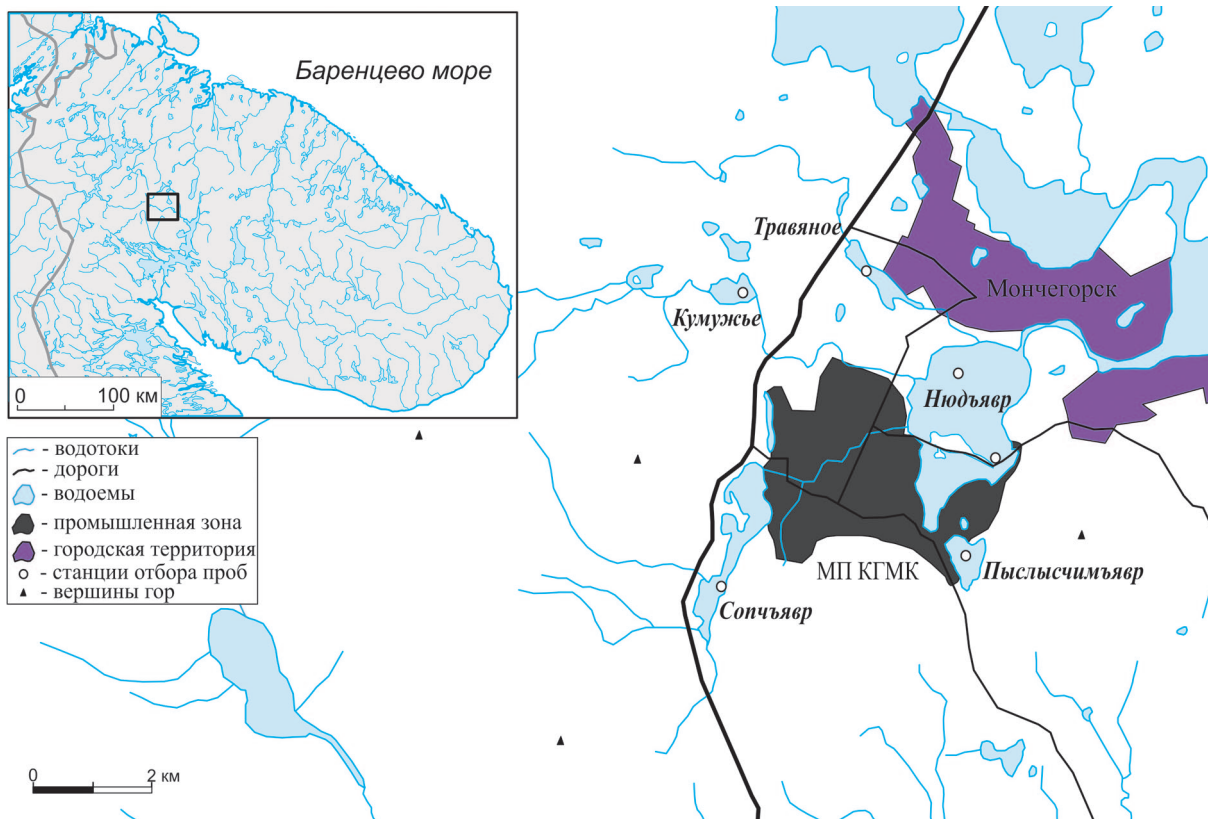
личества сернистого газа и тяжелых металлов в атмосферу в течение длительного периода (с 1938 г.) природно-ландшафтные комплексы, где расположены озера, в значительной степени подвергались деградации почвенно-растительного покрова, от угнетения лишайников до полного разрушения почв и образования техногенных пустошей. В наименьшей степени техногенное преобразование коснулось приозерной низменности оз. Кумужье, где в основном сохранилась характерная для региона северотаежная растительность. Оз. Нюдъявр является самым крупным внутренним водоемом района с площадью водосбора 90,54 км<sup>2</sup>, в состав которого входят водосборы прочих исследованных озер (рис., табл. 1).

Южная часть водоема отделена дамбой от основной акватории и представляет собой технологический отстойник солевых сточных вод металлургических цехов и хозяйственно-бытовых стоков МП КГМК, гидрологически связанный через трубы перетока с северной частью. Оз. Пыслычимъявр соединено искусственным каналом с северной частью озера Нюдъявр для отвода стока в обход южной части озера Нюдъявр. Река Нюдауй сбрасывает весь сток бассейна и впадает в оз. Имандра.

Отбор и анализ проб планктона и зообентоса был произведен согласно ГОСТ 17.1.3.07–82 [2010], с использованием рекомендованных стандартных методик [Методы..., 1989; Руководство..., 1992], по схеме, принятой в ИППЭС КНЦ РАН [Денисов, Кашулин, 2013]. Определение таксономической принадлежности зоопланктона проводили по следующим источникам [Боруцкий, 1952; Кутикова, 1970; Определитель..., 1994, 1995].

Гидрохимический анализ был выполнен в аналитической лаборатории ИППЭС КНЦ РАН согласно общепринятым методикам [Standard method..., 1975; Руководство..., 1977]. Для сравнения в качестве условно фоновых использовались усредненные гидрохимические показатели озер тундровой и северо-таежной зоны Мурманской области, удаленных от промышленных предприятий [Моисеенко, Яковлев, 1990; Денисов, 2012; Кашулин и др., 2013; Валькова и др., 2015]. Трофический статус вод оценивался по классификации, предложенной С. П. Китаевым [1984], класс качества определялся по индексу сапробности согласно ГОСТ 17.1.3.07–82.

Учет видов высшей водной растительности проводился визуально с регистрацией мест их обитания на трансектах, по маршрутам, проложенным по мелководным частям акватории озер от береговой линии до максимальной



Станции отбора проб  
Sampling stations

глубины обитаемости макрофитов (до 4–5 м). На обнаруженных местах скопления макрофитов, а также в прибрежных экотопах производились геоботанические описания по общепринятой методике [Катанская, 1981]. Для определения видового состава описаний и выявления флоры макрофитов исследованных озер велись гербарные сборы, хранящиеся в гербарии ИППЭС КНЦ РАН (INER KSC RAS).

Отбор и анализ ихтиологического материала проведен согласно общепринятым методикам [Правдин, 1966; Аршаница, Лесников, 1987; Кашулин и др., 1999].

## Результаты и обсуждение

**Гидрохимические показатели.** Для всех исследованных озер зарегистрировано многократное превышение условного фона по основным загрязняющим веществам – ТМ (Cu, Ni, Pb, Cd) и сульфатам, а также биогенным элементам (табл. 1). Наибольшие концентрации загрязнителей наблюдались для оз. Нюдыавр, являющегося приемником сточных вод: концентрация хлоридов, сульфатов, меди и никеля на два порядка превышала условный фон. Воды озера в настоящее время могут рас-

сматриваться как слабосоленые [Даувальтер, Кашулин, 2011]. Гидрохимические параметры прочих водоемов отражают преимущественно результат азротехногенного загрязнения. Очевидно, экосистемы озер развиваются под влиянием комплекса двух основных факторов: биогенной и токсической нагрузки. Присутствие доступных биогенных элементов может в определенной степени способствовать повышению устойчивости водных организмов к воздействию токсикантов.

**Фитопланктон.** Всего в пробах было выявлено 65 таксонов водорослей и цианопрокариот рангом ниже рода. Из них: Cyanoprokaryota – 6, Dinoflagellata – 4, Cryptophyta – 1, Bacillariophyta – 33, Chlorophyta – 10, Charophyta – 12. Для озер исследованной территории характерен сравнительно обедненный видовой состав, низкий уровень биомассы и содержания хлорофилла *a* (табл. 2). Наибольшая биомасса была зарегистрирована в озерах Нюдыавр и Травяное. В альгоценозах значительную долю по численности и биомассе составляли виды рода *Peridinium* – *Peridinium bipes* Stein и *P. willei* Huitfeldt-Kaas.

Индекс сапробности для исследованных озер характеризует в большей степени не класс

Таблица 1. Некоторые характеристики и средние гидрохимические показатели (2016–2017 гг.) исследованных озер

Table 1. Some characteristics and average hydrochemical indicators (2016–2017) of the studied lakes

Показатель Index	Кумужье Kumuzhye	Сопчъявр Sopchyavr	Пыслычимъявр Pyslyschimyavr	Травяное Travyanoe	Нюдъявр Nyudyavr	«Фон» natural conditions
Площадь зеркала, км <sup>2</sup> Water surface area, km <sup>2</sup>	0,25	1,36	0,49	0,46	3,78	
Высота н. у. м., м Altitude, m	187	172	136	132	128	
Ср. глубина, м Average depth, m	2,6	1,8	2,0	1,3	2,1	
Макс. глубина, м Maximum depth, m	7,0	4,2	5,5	2,1	4,5	
pH	6,89	7,06	6,70	6,97	8,62	6,80
NH <sub>4</sub> , мкгN/л NH <sub>4</sub> , μg N/l	31	17	16	39	74	15
SO <sub>4</sub> , мг/л SO <sub>4</sub> , mg/l	14,0	20,3	26,5	13,2	550,0	2,0
NO <sub>3</sub> , мкгN/л NO <sub>3</sub> , μg N/l	13,43	139,14	15,71	46,29	95,86	3,50
Cl, мг/л Cl, mg/l	0,80	4,34	1,24	4,49	241,91	1,60
N (общ), мкгN/л N (tot), μgN/l	174,0	288,6	252,4	350,9	518,1	130,0
PO <sub>4</sub> , мкгP/л PO <sub>4</sub> , μgP/l	6,00	4,29	2,43	6,71	19,00	0,80
P (общ), мкг/л P (tot), μg /l	10,71	12,14	9,29	20,29	41,43	6,00
Органическое в-во, мгC/л Organic matter, mgC/l	3,65	2,52	4,44	6,54	4,85	5,00
Cu, мкг/л Cu, μg /l	16,4	41,0	98,6	177,3	199,5	< 1,0
Ni, мкг/л Ni, μg /l	77,8	270,3	275,6	186,1	335,3	< 1,0
Pb, мкг/л Pb, μg /l	0,34	1,40	0,44	0,86	0,50	0,00
Cd, мкг/л Cd, μg /l	0,02	0,04	0,12	0,08	0,10	0,01

качества вод, а интенсивность развития фитопланктона, и может рассматриваться как показатель низкого обилия индикаторных водорослей – сапробионтов, находящихся в угнетенном состоянии вследствие токсической нагрузки (табл. 2). Так, фитопланктон оз. Нюдъявр даже в условиях наличия значительного количества биогенных элементов (табл. 1) сравнительно слабо развит в количественном отношении. Наиболее близкими к естественно-природному состоянию оказались водорослевые сообщества планктона оз. Кумужье, где присутствуют чувствительные к загрязнению харовые водоросли. Наиболее трансформированной следует признать альгофлору оз. Травяное, где абсолютным доминантом по численности и биомассе являлись цианопрокариоты. В слабосоленом щелочном оз. Нюдъявр, в условиях

как токсической нагрузки, так и антропогенного эвтрофирования, формируется специфическая алкалофильная альгофлора, представленная сравнительно устойчивыми к загрязнению видами диатомей: *Surirella brebissonii* Kramm. & Lange-Bert, *Fragilaria capucina* var. *gracilis* (Oestr.) Hust., *F. capucina* subsp. *rumpens* (Kütz.) Lange-Bert. Очевидно, присутствие токсичных веществ (в первую очередь ТМ), угнетающих фотосинтетическую активность, препятствует обильному массовому развитию фитопланктона. Наличие элементов минерального питания водорослей, вероятно, способствует определенной резистентности к токсической нагрузке.

**Зоопланктон.** Выявлено 10 видов организмов: Rotatoria – 6, Cladocera – 1, Cyclopoida – 1, Calanoida – 2. В составе руководящего комплекса преобладали коловратки *Aplanchna pri-*

Таблица 2. Некоторые показатели планктона (средние за лето 2016–2017 гг.) и трофический статус вод исследованных озер

Table 2. Some average plankton characteristics (summer of 2016–2017) and the trophic state of the studied lakes

	Кумужье Kumuzhye	Сопчъявр Sorpyavr	Пыслычимъявр Pyslyschimyavr	Травяное Travyanoe	Нюдъявр Nyudyavr
фитопланктон phytoplankton					
B, г/м <sup>3</sup> B, g/m <sup>3</sup>	0,25	0,25	0,36	1,19	1,06
N, тыс. экз./м <sup>3</sup> N, thousand ind./m <sup>3</sup>	1448	87	119	56980	748
N <sub>sp.</sub>	29	8	10	21	32
Chl a, мг/м <sup>3</sup> Chl a, mg/m <sup>3</sup>	0,88	0,87	1,16	2,99	2,71
H', бит/экз. H', bit/ind.	1,30	2,76	1,74	0,03	2,22
1/D	2,26	10,55	5,41	1,01	5,92
S	0,90	0,36	1,10	1,60	0,91
Трофический статус вод Trophic status of lakes	α-олиготрофный α-oligotrophic	α-олиготрофный α-oligotrophic	α-олиготрофный α-oligotrophic	β-олиготрофный β-oligotrophic	β-олиготрофный β-oligotrophic
зоопланктон zooplankton					
B, г/м <sup>3</sup> B, g/m <sup>3</sup>	0,1	1,8	0,9	0,6	0,8
N, тыс. экз./м <sup>3</sup> N, thousand ind./m <sup>3</sup>	5,6	157,3	496,4	304,5	690,9
H', бит/экз. H', bit/ind.	1,8	1,9	0,8	1,1	0,3
Rot : Clad : Cop, % B <sub>общ</sub> Rot : Clad : Cop, % B <sub>tot</sub>	0,4:0:99,6	17,8:68,7:13,5	100:0:0	99,7:0:0,3	46,7:0:53,3
Rot : Clad : Cop, % N <sub>общ</sub> Rot : Clad : Cop, % N <sub>tot</sub>	24:0:76	65,5:30,3:3,2	100:0:0	97:0:3	99,3:0:0,7
B <sub>Crust</sub> /B <sub>Rot</sub>	249,0	4,6	0,0	0,0	1,1
N <sub>Clad</sub> /N <sub>Cop</sub>	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0
B <sub>3</sub> /B <sub>2</sub>	4,3	0,1	0,0	0,9	1,7
W = B/N (мг)	0,018	0,011	0,001	0,001	0,001
S	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5
Трофический статус вод Trophic status of lakes	α-олиготрофный α-oligotrophic	α-мезотрофный α-mezotrophic	β-олиготрофный β-oligotrophic	β-олиготрофный α-oligotrophic	β-олиготрофный α-oligotrophic

Примечание. N – численность, B – биомасса, H' – индекс Шеннона – Уивера, 1/D – обратный индекс Симпсона, N<sub>sp.</sub> – число таксонов рангом ниже рода, S – индекс сапробности; N<sub>Rot</sub>, N<sub>Clad</sub>, N<sub>Cop</sub> и B<sub>Rot</sub>, B<sub>Clad</sub>, B<sub>Cop</sub> – численность и биомасса коловраток, кладоцер и копепод соответственно; B<sub>3</sub> и B<sub>2</sub> – биомасса хищного и «мирного» зоопланктона; w = B/N (мг) – индекс средней индивидуальной массы зоопланктеров.

Note. N – total abundance, B – biomass, H' – Shannon-Weaver index, 1/D – inverse Simpson index, N<sub>sp.</sub> – number of taxa below the genus, S – saprobity index; N<sub>Rot</sub>, N<sub>Clad</sub>, N<sub>Cop</sub> and B<sub>Rot</sub>, B<sub>Clad</sub>, B<sub>Cop</sub> – the abundance and biomass of Rotifers, Cladocera and Copepods respectively; B<sub>3</sub> and B<sub>2</sub> – biomass of predatory and «peaceful» zooplankton; w = B/N (mg) – index of the average individual weight of zooplankters.

*odonta* Gosse, *Keratella quadrata* (Muller), *Ploesoma trunkatum* (Levander), *Polyarthra vulgaris* Carlin. Ветвистоусые ракообразные – «тонкие» фильтраторы были обнаружены исключительно в оз. Сопчъявр и представлены одним ви-

дом *Bosmina obtusirostris* Sars. В оз. Кумужье и Сопчъявр были выявлены чувствительные к загрязнению каланоиды *Eudiaptomus gracilis* Sars, *Eudiaptomus graciloides* Lilljeborg во взрослой и науплиальной стадии. Функциональные



показатели зоопланктонного сообщества также специфичны в каждом исследованном водоеме (табл. 2). Зоопланктонное сообщество оз. Пыслычимьявр отличается отсутствием групп «тонких» и «грубых» фильтраторов – ветвистоусых и веслоногих ракообразных. Крайне низкие показатели индексов  $w$  и  $H'$  также отражают превалирование мелкогабаритных форм с простыми жизненными циклами и высокой скоростью размножения и усиление доминантности отдельных видов коловраток. По индексу сапробности озера соответствуют III классу качества воды (умеренно загрязненные) (табл. 2). Зоопланктон исследованных озер также отличается обедненным видовым составом, включающим преимущественно устойчивые к загрязнению формы (коловратки). Отсутствие или низкие показатели видовой разнообразия и численные показатели групп Cladocera, Copepoda, Calanoida свидетельствуют об угнетенном состоянии зоопланктона.

Трофический статус большинства водоемов по показателям планктона оценивается как  $\alpha$ - и  $\beta$ -олиготрофный, за исключением оз. Сопчъявр, которое по показателям зоопланктона характеризуется как  $\alpha$ -мезотрофное (табл. 1). Низкая численность фитопланктона в этом водоеме, очевидно, является следствием выедания рачковым планктоном.

**Зообентос.** Для исследованных водоемов характерен обедненный видовой состав макрозообентоса и крайне низкие количественные показатели. Основу фауны озер составляли хирономиды, другие группы были малочисленны. В оз. Сопчъявр макрозообентос был представлен только единичными экземплярами хирономид рода *Psectrocladius*, в оз. Травяном отмечены немногочисленные представители родов *Polypedilum* (*Pentapedilum*) и *Procladius*. Численность донных беспозвоночных не превышала 40 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 0,2 г/м<sup>2</sup>. В оз. Пыслычимьявр, которое расположено в непосредственной близости от МП КГМК, донные организмы не обнаружены.

В донных отложениях глубоководной зоны оз. Нюдъявр единично отмечены широко распространенные в пресноводных водоемах субарктической зоны хирономиды *Procladius* (*Holotanypus*) *choreus* gr. Значительно выше разнообразие бентосной фауны, развивающейся в районе труб перетока, связывающих отстойник и основную часть акватории озера. Здесь зарегистрированы хирономиды родов *Psectrocladius*, *Glyptotendipes*, *Procladius*, *Cricotopus* и *Orthocladus*, доминировали в составе сообществ личинки *Psectrocladius*, субдоминантом были приуроченные преимущественно к со-

обществам макрофитов представители рода *Cricotopus*. Также встречались водные клопы: гребляки (*Sigara* sp.) и клопы-водомерки (*Gerris* sp.).

В составе макрозообентоса озера Кумужье зарегистрированы ручейники *Polycentropus flavomaculatus* Pictet, 1834, хирономиды *Procladius* (*Holotanypus*) *choreus* gr., *Chironomus* sp., *Polypedilum* (*Pentapedilum*) sp., личинки двукрылых сем. Rhagionidae и Dolihopodidae и амфиподы *Gammarus lacustris* Sars, 1863. По составу макрозообентоса озеро Кумужье наиболее близко к водоемам незагрязненных районов северотаежной зоны Мурманской области [Яковлев, 2005]. Численность зообентоса в зоне литорали составляла 90 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 1,8 г/м<sup>2</sup>, в зоне профундали – 154 экз./м<sup>2</sup> и 1,2 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Трофический статус исследованных водных объектов оценивается как олиготрофный, что в значительной степени обусловлено воздействием на водоемы азротехногенных выбросов металлургического комбината, способствующих процессам «олиготрофизации» вод в результате общего замедления биопродукционных процессов в токсической среде.

**Высшая водная растительность.** Техногенное загрязнение озер Мончегорского промышленного узла привело к значительным трансформациям растительного покрова сосудистых макрофитов вплоть до полного уничтожения в находящих в непосредственной близости от промплощадки озерах Сопчъявр и Пыслычимьявр. Придонные сообщества на глубине 0,5–6 м здесь сформированы куртинами водного мха *Fontinalis antipyretica* Hedw., занимающими от 5 % (оз. Сопчъявр) до 60–80 % (оз. Пыслычимьявр) общего проективного покрытия (ОПП). Растительность оз. Травяного и большей части акватории оз. Нюдъявр представлена редкими моновидовыми группировками рдестов и хвоща водного, являющимися, согласно ранее проведенным наблюдениям [Разумовская, Петрова, 2017], одними из самых устойчивых к техногенному и биогенному загрязнению видами макрофитов. Наибольшее обилие в группировках (до 25 % ОПП) достигалось в местах впадения или истока ручьев, здесь также отмечалось присутствие других видов в составе растительных сообществ. Так, в оз. Травяном в устьевой зоне ручья обнаружено сообщество ежеголовника плавающего (до 20 %) с единичными особями урути очередноцветковой.

Высшая водная растительность оз. Кумужье отличается сформированностью сообществ и их повсеместным распространением на при-

годных для расселения экотопах. Прибрежные сообщества на глубинах до 0,7 м образованы ежеголовником (*Sparganium angustifolium* Michx., 10–20 %), в местах выхода из озера водотоков – с шелковником (*Batrachium peltatum* (Schrank) C. Presl) и хвостником (*Hippuris melanocarpa* N. Semen.). На больших глубинах – от 1 до 5–6 м – встречаются редкотравные рдестовые (*Potamogeton gramineus* L., *Potamogeton praelongus* Wulf.) группировки, занимающие до 80 % пригодных для развития макрофитов песчано-щебнистых участков каменистого субстрата. На западной оконечности озера в местах расположения нескольких постоянно действующих водных скважин (прямо в акватории и на берегу, ручьем стекающей в озеро) в устье и в подречьях ручьев на глубинах до 1,5–2,5 м развиваются сообщества погруженных макрофитов союза *Littorellion uniflorae* (асс. *Isoetetum echinosporae*), сходные с описываемыми для незагрязненных районов [Dierssen, 1996; Chepinoga et al., 2013]. Сообщества малосомкнутые (ОПП до 25 %), 2–3-ярусные, видовая насыщенность 5–6 видов. Верхний ярус с выходом на поверхность водного зеркала образует ежеголовник (10–15 %), на глубинах до 0,7 м – совместно с хвостником. Разреженный (2–4 %) и не всегда выраженный средний ярус, расположенный в придонном слое водяной толщи, сформирован рдестом Берггольда (*Potamogeton bertholdii* Fieb.) и шелковником (*Batrachium peltatum* (Schrank) C. Presl). В придонном ярусе активен шильник водный (*Subularia aquatica* L.) и полушник колючеспоровый (*Isoetes setacea* Lam.) – вид, занесенный в Красные книги Российской Федерации [2008] и Мурманской области [2014]. Обнаруженная популяция полушника насчитывает более 300 взрослых особей.

Несмотря на расположение оз. Кумужье вблизи от источника аэротехногенного загрязнения, по составу макрофитной растительности оно близко к водоемам незагрязненных районов северотаежной полосы Мурманской области [Волкова, 1974]. Особо значимым маркером «фоновости» служит развитие полноценных сообществ ассоциации *Isoetetum echinosporae* и присутствие значительной популяции самого полушника. По всей вероятности, данная ситуация сложилась благодаря проточности озера и значительному разбавлению водами скважин загрязненных вод, поступающих с поверхностными стоками.

**Ихтиофауна.** Представители фауны рыб отмечены лишь в оз. Нюдъявр (европейская ряпушка *Coregonus albula* L.) и оз. Кумужье (кумжа *Salmo trutta* L., обыкновенный голяк *Phoxinus phoxinus* L. и налим *Lota lota* L.).

Кумжа оз. Кумужье является наиболее ценным представителем рыбной части сообщества исследованных водоемов. Численность рыб в уловах была крайне низка, размерно-весовые показатели также невелики. При массе 93–207 г (в среднем 160 г) и длине 19,7–26,7 см (в среднем 23,8 см) возраст рыб варьировал в пределах 3+...5+. Вероятно, кумжа данного водоема представляет локальную популяцию, распространенную в пределах озера и в придаточном озере, расположенном выше по течению. Необходимо отметить, что патологических трансформаций наружных и внутренних органов, характерных для рыб ряда водоемов Мурманской области в условиях промышленного загрязнения [Кашулин и др., 1999; Терентьев, Кашулин, 2012], у исследованных экземпляров кумжи оз. Кумужье не обнаружено.

Ряпушка, отмеченная в уловах оз. Нюдъявр, была представлена единичными особями, что может свидетельствовать о неблагоприятных условиях для ее обитания. Масса рыб варьировала от 1,8 до 5,9 г (средняя 4 г). Длина особей изменялась от 6 до 9,2 см (средняя 7,9 см). Рыбы были представлены главным образом двухлетками (1+). Отсутствие в уловах других видов рыб в оз. Нюдъявр, по-видимому, обусловлено значительной трансформацией водоема и долговременным влиянием МП КГМК.

В качестве показателя антропогенной нагрузки на исследованные водоемы можно рассматривать уровни накопления ТМ в органах и тканях рыб. Для кумжи оз. Кумужье был проведен сравнительный анализ содержания ТМ в органах рыб (табл. 3).

Установлено, что рассматриваемые ТМ и алюминий в меньшей степени накапливаются в мышечной ткани рыб. Наиболее высокие концентрации меди отмечались в печени; никеля, алюминия, свинца и ртути – в почках; цинка и марганца – в жабрах и костной ткани (табл. 3). Абсолютные величины накопления меди, как приоритетного загрязняющего вещества, в печени кумжи достигали 824,3 мкг/г сухого веса. Таким образом, несмотря на относительное удаление и закрытость водоема и его водосборного бассейна массивом Мончегорских тундр от дымовых выбросов МП КГМК, нагрузка загрязняющих веществ на экосистему водоема достаточно интенсивна. Содержание меди в тканях кумжи оз. Кумужье выше по сравнению с рыбами оз. Куэтсъярви, испытывающего аналогичное долговременное влияние Печенгской площадки АО «Кольская ГМК». Содержание никеля (в почках), меди (в печени), свинца (в почках) и ртути (в мышцах) в несколько раз выше по сравнению с рыбами данного вида оз. Иман-

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов и алюминия в органах кумжи оз. Кумужье

Table 3. The concentration of heavy metals and aluminum in trout organs of Lake Kumuzhye

	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Al</b>	<b>Pb</b>	<b>Hg</b>
мышцы muscle	$1,16 \pm 0,19$ 0,88–1,39	$0,42 \pm 0,25$ 0,07–0,77	$17,43 \pm 2,46$ 15,40–21,19	$0,59 \pm 0,38$ 0,24–1,28	$1,48 \pm 0,30$ 1,22–2,04	$0,17 \pm 0,05$ 0,12–0,25	$0,15 \pm 0,03$ 0,11–0,21
печень liver	$509,44 \pm 198,06$ 326,54–824,34	$3,69 \pm 1,18$ 2,24–5,05	$128,91 \pm 31,39$ 95,71–184,21	$7,20 \pm 1,86$ 4,99–10,12	$4,36 \pm 1,64$ 2,92–7,08	$0,50 \pm 0,41$ 0,12–1,19	$0,21 \pm 0,07$ 0,15–0,35
почки kidneys	$9,25 \pm 1,55$ 7,26–11,37	$10,53 \pm 3,29$ 7,37–14,19	$165,74 \pm 42,02$ 117,91–225,23	$4,79 \pm 1,04$ 3,82–6,75	$8,79 \pm 3,23$ 6,34–15,08	$0,51 \pm 0,24$ 0,28–0,95	$0,31 \pm 0,07$ 0,22–0,42
жабры gills	$19,44 \pm 16,27$ 4,62–46,71	$6,81 \pm 0,77$ 5,80–8,03	$304,56 \pm 93,52$ 207,14–422,44	$16,42 \pm 3,66$ 12,56–22,34	$7,03 \pm 2,89$ 4,73–12,18	- -	$0,10 \pm 0,03$ 0,06–0,14
скелет skeleton	$1,07 \pm 0,31$ 0,62–1,46	$1,05 \pm 0,52$ 0,47–1,69	$168,98 \pm 52,65$ 110,11–256,05	$21,26 \pm 6,48$ 12,98–28,56	$3,64 \pm 0,92$ 2,53–4,70	- -	$0,06 \pm 0,001$ 0,05–0,07

Примечание. Вверху – среднее значение  $\pm$  станд. отклонение; внизу – диапазон величин концентраций, мкг/г сухой массы.  
Note. In the numerator – average value  $\pm$  st. deviation; in the denominator – range of concentration values,  $\mu\text{g} / \text{g}$  dry weight.

дра (Йокостровский плес) [Терентьев, Кашулин, 2012].

## Заключение

Экосистемы всех исследованных водоемов развиваются в условиях многократного превышения условного фона по приоритетным загрязнителям (ТМ и сульфатам). Оз. Нюдъявр также подвержено антропогенному эвтрофированию. В настоящее время в наибольшей степени трансформированы гидрохимические условия в оз. Нюдъявр, в наименьшей – в оз. Кумужье.

Планктон характеризуется обедненным видовым составом и малыми численными показателями. В связи с низким обилием видов-сапробионтов использование традиционного показателя оценки качества вод – индекса сапробности – для данных озер ограничено и его заниженные значения целесообразно рассматривать как косвенный индикатор токсической нагрузки. Одним из факторов устойчивости планктонных организмов к токсической нагрузке, очевидно, следует считать наличие избытка биогенных элементов. При этом экстремальные концентрации токсикантов замедляют процессы эвтрофирования, что демонстрирует низкий трофический статус озер.

Сообщества макрозообентоса исследованных водных объектов развиваются в условиях токсификации, что обуславливает обедненный видовой состав и низкий уровень численности и биомассы донной фауны.

Оценка состояния рыбной части сообщества оз. Нюдъявр показала, что, несмотря на серьезные преобразования экосистемы, в водоеме отмечается европейская ряпушка, которая попадает в водоем из оз. Имандра по р. Нюдуй. Открытость системы оз. Нюдъявр и его бассей-

на, связь с крупнейшим водоемом региона – оз. Имандра, а также достаточное количество планктонных организмов в некоторой степени способны нивелировать высокий уровень антропогенной нагрузки и обуславливают проникновение в оз. Нюдъявр европейской ряпушки.

Оз. Кумужье в настоящее время в наибольшей степени сохраняет черты природного водоема. Расположенная выше озера придаточная речная система, а также наличие выходов подземных вод, вероятно, обеспечивают благоприятные условия для обитания гидробионтов, включая наиболее ценных представителей ихтиофауны. В то же время уровень накопления тяжелых металлов в тканях рыб свидетельствует о значительной аэротехногенной нагрузке на водоем и его водосборную территорию.

## Литература

- Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / Ред. Т. И. Моисеенко. М.: Наука, 2002. 403 с.
- Аршаница Н. М., Лесников Л. А. Патологоморфологический анализ состояния рыб в полевых и экспериментальных токсикологических исследованиях // Методы ихтиотоксикологических исследований. Л.: ГосНИОРХ, НПО Промрыбвод, 1987. С. 7–9.
- Боруцкий Е. В. Нагастикоиды пресных вод // Фауна СССР. Ракообразные. М.; Л.: АН СССР, 1952. Т. 3, вып. 4. 426 с.
- Валькова С. А., Денисов Д. Б., Терентьев П. М., Вандыш О. А., Кашулин Н. А. Гидробиологическая характеристика некоторых малых озер зоны северной тайги (Кольский полуостров) // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 4. С. 79–93. doi: 10.17076/bg16
- Волкова Л. А. Высшая водная растительность озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Ч. II. Гидрохимия и гидробиология. Л.: Наука, 1974. С. 63–77.
- ГОСТ 17.1.3.07–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и во-



дотоков // Контроль качества воды: Сб. ГОСТов. М.: Стандартиформ, 2010.

Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Эколого-экономическая оценка необходимости извлечения донных отложений оз. Нюдъявр Мончегорского района Мурманской области // Вестник МГТУ. 2011. Т. 14, № 4. С. 884–891.

Денисов Д. Б. Реконструкция развития экосистемы малого горного субарктического водоема за последние 900 лет (на примере оз. Академическое, Хибин, Кольский полуостров) // Труды КНЦ РАН «Прикладная экология Севера». 2012. № 10. С. 127–148.

Денисов Д. Б., Кашулин Н. А. Современное состояние водорослевых сообществ планктона в зоне влияния Кольской АЭС (оз. Имандра) // Труды КНЦ РАН «Прикладная экология Севера». 2013. № 3(16). С. 70–96.

Исследование состояния северной части оз. Нюд-Явр и разработка практических рекомендаций по снижению поступления загрязняющих веществ на контрольный створ // Отчет о выполнении научно-исследовательских работ по договорной теме № 22–82/08. Апатиты, 2006. 157 с.

Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Л.: Наука, 1981. 188 с.

Кашулин Н. А., Лукин А. А., Амундсен П. А. Рыбы пресных вод субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. Апатиты: КНЦ РАН, 1999. 142 с.

Кашулин Н. А., Сандимиров С. С., Даувальтер В. А., Кудрявцева Л. П., Терентьев П. М., Денисов Д. Б., Вандыш О. И., Королева И. М., Валькова С. А., Кашулина Т. Г. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области: центральный и юго-западный районы Мурманской области (бассейны Баренцева и Белого морей и Ботнического залива Балтийского моря). Апатиты: КНЦ РАН, 2013. Ч. 1. 298 с., ч. 2. 253 с.

Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 204 с.

Колесник Н. Л. Распределение тяжелых металлов среди компонентов пресноводных экосистем (обзор) // Рыбогосподарська наука України. 2014. № 3(29). С. 35–54.

Колесников В. А., Бойченко Н. Б. Содержание соединений тяжелых металлов в воде, органах и тканях рыб реки Чулым Ачинского района Красноярского края // Вестник Красноярского гос. агр. ун-та. 2012. № 6. С. 99–104.

Красная книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Отв. ред. Н. А. Константинова, А. С. Корякин, О. А. Макарова, В. В. Бианки. Кемерово: Азия-принт, 2014. 584 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: КМК, 2008. 855 с.

Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР: Rotatoria: подкласс Eurotatoria: отряды: Ploimida, Moni-

motrochida, Paedotrochida / Гл. ред. Б. Е. Быховский. Зоол. ин-т АН СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.

Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 277 с.

Моисеенко Т. И., Яковлев В. А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л.: Наука, 1990. 221 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные / Ред. С. Я. Цалолихин. ЗИН РАН. СПб.: Наука, 1994. 395 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные / Ред. С. Я. Цалолихин. ЗИН РАН. СПб.: Наука, 1995. Т. 2, 629 с.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром., 1966. 456 с.

Разумовская А. В., Петрова О. В. Флора макрофитов озера Имандра // Ботан. журнал. 2017. Т. 102, № 1. С. 62–78.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 320 с.

Руководство по методам химического анализа морских вод / Ред. С. Г. Орадовский. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 208 с.

Терентьев П. М., Кашулин Н. А. Трансформации рыбной части сообществ водоемов Мурманской области // Труды КНЦ РАН. 2012. № 11. С. 62–101.

Чухлебова Л. М., Бердников Н. В., Панасенко Н. М. Тяжелые металлы в воде, донных отложениях и мышцах рыб реки Амур // Гидробиологический журнал. Т. 47, № 3. 2011. С. 110–120.

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

Chepinoga V. V., Bergmeier E., Rosbakh S. A. Classification of aquatic vegetation (Potametea) in Baikal Siberia, Russia and its diversity in a northern Eurasian context // Phytocoenol. 2013. Vol. 43, iss. 1–2. P. 127–167.

Dierssen K. Vegetation Nordeuropas. Stuttgart: Ulmer, 1996. 838 p.

Giripunje M. D., Fulke A. B., Meshram P. U. Assessment of heavy metals and estimation of human health risk in Tilapia fish from Naik Lake of Nagpur, India // J. Toxicol. Environ. Health Sci. 2016. Vol. 8(4). P. 22–29.

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.

Standard method for examination for water and wastewater / L. S. Clescerl et al. (eds.). USA, 1975. 119 p.

Поступила в редакцию 19.04.2018

## References

- Antropogennyye modifikatsii ekosistemy ozera Imandra* [Anthropogenic modifications of Lake Imandra ecosystem]. Moscow: Nauka, 2002. 403 p.
- Arshanitsa N. M., Lesnikov L. A. Patologomorfologicheskii analiz sostoyaniya ryb v polevykh i eksperimental'nykh toksikologicheskikh issledovaniyakh [Patomorphological analysis of fish in field and experimental toxicological research]. *Metody ikhtiotoksikol. issled.* [Methods of ichthyotoxicol. research]. Leningrad: GosNIORH NPO Promrybvod, 1987. P. 7–9.
- Borutskii E. V. Harpacticoida presnykh vod [Harpacticoida in fresh waters]. *Fauna SSSR. Rakoobraznye* [Fauna of the USSR. Crustacea]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1952. Vol. 3, iss. 4. 426 p.
- Chukhlebova L. M., Berdnikov N. V., Panasenko N. M. Tyazhelye metally v vode, donnykh otlozheniyakh i myshtsakh ryb reki Amur [Heavy metals in water, bottom sediments and muscles of fish in the Amur River]. *Gidrobiol. zhurn.* [Hydrobiol. J.]. 2011. Vol. 47, no. 3. P. 110–120.
- Dauvalter V. A., Kashulin N. A. Ekologo-ekonomicheskaya otsenka neobkhodimosti izvlecheniya donnykh otlozhenii oz. Nyud"yavr Monchegorskogo raiona Murmanskoi oblasti [Ecological and economical assessment of necessity to extract bottom sediments of Lake Nyudyavr in Monchegorsk District of the Murmansk Region]. *Vestnik MGTU* [Herald of the Bauman Moscow St. Tech. Univ.]. 2011. Vol. 14, no. 4. P. 884–891.
- Denisov D. B. Rekonstruktsiya razvitiya ekosistemy malogo gornogo subarkticheskogo vodoema za poslednie 900 let (na primere oz. Akademicheskoe, Khibiny, Kol'skii poluostrov) [The diatom-infer small subarctic waterbody ecosystem development reconstruction during the last 900 years (Lake Akademicheskoe, the Khibiny, the Kola Peninsula)]. *Trudy KNTs RAN «Prikladnaya ekol. Severa»* [Proceed. of the Kola Sci. Centre RAS *Appl. Ecol. of the North*]. 2012. No. 10. P. 127–148.
- Denisov D. B., Kashulin N. A. Sovremennoe sostoyanie vodoroslevykh soobshchestv planktona v zone vliyaniya Kol'skoi AES (oz. Imandra) [The phytoplankton communities under the Kola nuclear power plant impact (Lake Imandra)]. *Trudy KNTs RAN «Prikladnaya ekol. Severa»* [Proceed. of the Kola Sci. Centre RAS *Appl. Ecol. of the North*]. 2013. No. 3(16). P. 70–96.
- GOST 17.1.3.07–82. *Okhrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody vodoemov i vodotokov* [Nature protection. Hydrosphere. Procedures for quality control of water in reservoirs and stream flows]. Kontrol' kachestva vody: Sb. GOSTov [Quality control of water: Coll. of State standards (GOSTs)]. Moscow: Standartinform, 2010.
- Issledovanie sostoyaniya severnoi chasti oz. Nyud-Yavr i razrabotka prakticheskikh rekomendatsii po snizheniyu postupleniya zagryaznyayushchikh veshchestv na kontrol'nyi stvor* [Study of the current state of the northern Lake Nyud-Yavr and development of practical recommendations for decreasing pollutants entrance to monitoring section]. Otchet o vypolnenii nauchno-issled. rabot po dogovornoj teme № 22–82/08 [A completion report on research on the contract project No. 22–82/08]. Apatity, 2006. 157 p.
- Katanskaya V. M. Vysshaya vodnaya rastitel'nost' kontinental'nykh vodoemov SSSR [Higher aquatic vegetation of continental water bodies of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1981. 188 p.
- Kashulin N. A., Lukin A. A., Amundsen P. A. Ryby presnykh vod subarktiki kak bioindikatory tekhnogenogo zagryazneniya [Fish of fresh waters of the subarctic region as biological indicators of technogenic pollution]. Apatity: KNC RAN, 1999. 142 p.
- Kashulin N. A., Sandimirov S. S., Dauvalter V. A., Kudryavtseva L. P., Terent'ev P. M., Denisov D. B., Vandyshev O. I., Koroleva I. M., Val'kova S. A., Kashulina T. G. Annotirovannyi ekologicheskii katalog ozer Murmanskoi oblasti: tsentral'nyi i yugo-zapadnyi raiony Murmanskoi oblasti (basseiny Barentseva i Belogo morei i Botnicheskogo zaliva Baltiiskogo morya) [Annotated ecological inventory of lakes of the Murmansk Region: central and south-western parts of the Murmansk region (basins of the Barents, White Sea and the Gulf of Bothnia of the Baltic Sea)]. Apatity: KNTs RAN, 2013. Part. 1. 298 p.; part. 2. 253 p.
- Kitaev S. P. Ekologicheskie osnovy bioproduktivnosti ozer raznykh prirodnykh zon [Ecological bases of biological productivity in different natural zones]. Moscow: Nauka, 1984. 204 p.
- Kolesnik N. L. Raspredelenie tyazhelykh metallov sredi komponentov presnovodnykh ekosistem (obzor) [Heavy metals distribution among components of freshwater ecosystems (a review)]. *Ribogospodars'ka nauka Ukraini*. 2014. No. 3(29). P. 35–54.
- Kolesnikov V. A., Boichenko N. B. Soderzhanie soedinenii tyazhelykh metallov v vode, organakh i tkanyakh ryb reki Chulyim Achinskogo raiiona Krasnoyarskogo kraja [Heavy metal compound availability in water, fish organs and tissues in Chulyim River in the Krasnoyarsk region, Achinsk area]. *Vestnik Krasnoyarskogo gos. agr. un-ta* [The Bull. of KrasGAU]. 2012. No. 6. P. 99–104.
- Kolovratki fauny SSSR: Rotatoria: podklass Eurotatoria: otryady: Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida [Rotifers of the fauna of the USSR: Rotatoria: subclass Eurotatoria: orders Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida]. Leningrad: Nauka, 1970. 744 p.
- Krasnaya kniga Murmanskoi oblasti* [The Red Data Book of the Murmansk Region]. Izd. 2-e, pererab. i dop. Kemerovo: Aziya-print, 2014. 584 p.
- Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (rasteniya i griby)* [The Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Moscow: KMK, 2008. 855 p.
- Metody bioindikatsii i biotestirovaniya prirodnykh vod* [Methods of bioindication and biotesting of natural waters]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. 277 p.
- Moiseenko T. I., Yakovlev V. A. Antropogennyye preobrazovaniya vodnykh ekosistem Kol'skogo Severa [Man-induced changes of water ecosystems of the Kola North]. Leningrad: Nauka, 1990. 221 p.
- Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. Nizshie bespozvonochnye* [Identification guide of freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. Lower invertebrates]. St. Peterburg: Nauka, 1994. Vol. 1. 395 p.
- Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. Rakoobraznye* [Identification guide of freshwater invertebrates in Russia

and adjacent territories. Crustacea]. Vol. 2. St. Petersburg: Nauka, 1995. 629 p.

Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Manual on fish studying]. Moscow: Pishch. prom., 1966. 456 p.

Razumovskaya A. V., Petrova O. V. Flora makrofitov ozera Imandra [Flora of macrophytes of Lake Imandra]. *Botan. zhurn.* [Botan. J.]. 2017. Vol. 102, no. 1. P. 62–78.

Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Manual on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. St. Petersburg.: Gidrometeoizdat, 1992. 320 p.

Rukovodstvo po metodam khimicheskogo analiza morskikh vod [Manual on methods for chemical analysis of sea water]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 208 p.

Terent'ev P. M., Kashulin N. A. Transformatsii rybnoi chasti soobshchestv vodoemov Murmanskoi oblasti [The transformation of fish communities in the waterbodies of the Murmansk Region]. *Trudy KNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2012. No. 11. P. 62–101.

Val'kova S. A., Denisov D. B., Terent'ev P. M., Vandysh O. A., Kashulin N. A. Gidrobiologicheskaya kharakteristika nekotorykh malykh ozer zony severnoi taigi (Kol'skii poluostrov) [Hydrobiological characteristics of some small lakes in the northern taiga zone (Kola Peninsula)]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2015. No. 4. P. 79–93. doi: 10.17076/bg16

Volkova L. A. Vysshaya vodnaya rastitel'nost' ozer Kol'skogo poluostrova [Higher aquatic vegetation

in lakes of the Kola Peninsula]. *Ozera razlichnykh landshaftov Kol'skogo poluostrova*. Ch. II. Gidrokimiya i gidrobiologiya [Lakes of different landscapes of the Kola Peninsula]. Leningrad: Nauka, 1974. P. 63–77.

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

Chepinoga V. V., Bergmeier E., Rosbakh S. A. Classification of aquatic vegetation (Potametea) in Baikal Siberia, Russia and its diversity in a northern Eurasian context. *Phytocoenol.* 2013. Vol. 43, iss. 1–2. P. 127–167.

Dierssen K. Vegetation Nordeuropas. Stuttgart: Ulmer, 1996. 838 p.

Giripunje M. D., Fulke A. B., Meshram P. U. Assessment of heavy metals and estimation of human health risk in Tilapia fish from Naik Lake of Nagpur, India. *J. Toxicol. Environ. Health Sci.* 2016. Vol. 8(4). P. 22–29.

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.

Standard method for examination for water and wastewater. USA, 1975. 119 p.

Received April 19, 2018

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### Денисов Дмитрий Борисович

старший научный сотрудник лаб. «Водные экосистемы», к. б. н.  
Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН»  
Академгородок 14а, Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209  
эл. почта: proffessuir@gmail.com

### Валькова Светлана Александровна

научный сотрудник лаб. «Водные экосистемы», к. б. н.  
Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН»  
Академгородок 14а, Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209  
эл. почта: valkova@inep.ksc.ru

### Терентьев Петр Михайлович

старший научный сотрудник лаб. «Водные экосистемы», к. б. н.  
Институт проблем промышленной экологии Севера – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН»  
Академгородок 14а, Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209  
эл. почта: p\_terentjev@inep.ksc.ru

## CONTRIBUTORS:

### Denisov, Dmitrii

Institute of North Industrial Ecology Problems,  
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences  
14a Academgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region  
e-mail: proffessuir@gmail.com

### Val'kova, Svetlana

Institute of North Industrial Ecology Problems,  
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences  
14a Academgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region  
e-mail: valkova@inep.ksc.ru

### Terent'ev, Petr

Institute of North Industrial Ecology Problems,  
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences  
14a Academgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region  
e-mail: p\_terentjev@inep.ksc.ru

**Черепанов Александр Александрович**

ведущий инженер лаб. «Водные экосистемы»  
Институт проблем промышленной экологии Севера –  
обособленное подразделение ФГБУН  
ФИЦ «Кольский научный центр РАН»  
Академгородок 14а, Апатиты, Мурманская область,  
Россия, 184209  
эл. почта: cherepanov@inep.ksc.ru

**Разумовская Анна Владимировна**

научный сотрудник лаб. «Водные экосистемы»  
Институт проблем промышленной экологии Севера –  
обособленное подразделение ФГБУН  
ФИЦ «Кольский научный центр РАН»  
Академгородок 14а, Апатиты, Мурманская область,  
Россия, 184209  
эл. почта: anna-lynx@mail.ru

**Cherepanov, Aleksandr**

Institute of North Industrial Ecology Problems,  
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences  
14a Academgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region  
e-mail: cherepanov@inep.ksc.ru

**Razumovskaya, Anna**

Institute of North Industrial Ecology Problems,  
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences  
14a Academgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region  
e-mail: anna-lynx@mail.ru