

УДК 574.58

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ МАЛЫХ ОЗЕР ЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

**С. А. Валькова, Д. Б. Денисов, П. М. Терентьев, О. И. Вандыш,
Н. А. Кашулин**

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

В статье обобщены результаты комплексного изучения современного состояния пресноводной биоты малых водоемов, расположенных в районе разработки месторождения «Федорова тундра». Проведена инвентаризация видового состава, оценены количественные и структурные показатели фитопланктона, зоопланктона, зообентоса и рыбной части. Для ихтиофауны оценена размерно-весовая, возрастная и половая структура доминирующих видов. Полученные результаты могут быть использованы в качестве фоновых значений для дальнейшего мониторинга экологического состояния водоемов.

Ключевые слова: Кольский полуостров, малые озера, северная тайга, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, ихтиофауна.

**S. A. Valkova, D. B. Denisov, P. M. Terentyev, O. I. Vandysh,
N. A. Kashulin. HYDROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOME SMALL
LAKES IN THE NORTHERN TAIGA ZONE (KOLA PENINSULA)**

The paper summarizes the results of integrated study of current state of freshwater biota of small water bodies, located in the area of 'Fedorova tundra' intrusion. A list of species composition is given, quantitative and structural indicators of phytoplankton, zooplankton, zoobenthos and fish are assessed. Size-weight, age and sex structure of dominant ichthyofauna are estimated. The obtained results can be used as the reference values for further monitoring of the ecological status of the water bodies.

Keywords: Kola Peninsula, small lakes, northern taiga, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, fish fauna.

Введение

В связи с интенсивным развитием горнодобывающей промышленности, открытием и вводом в эксплуатацию новых месторождений минеральных природных ресурсов в последние десятилетия значительно возросла степень антропогенного воздействия на водные экоси-

стемы Кольского п-ова. Промышленное загрязнение приводит к деградации различных компонентов пресноводных экосистем, нарушению цепей питания, аккумуляции токсичных элементов в органах и тканях гидробионтов. Подобные изменения регистрируются даже в сравнительно удаленных от источников антропогенного воздействия районах Кольского Се-

вера. В связи с этим актуальной задачей является получение информации о состоянии пресноводных экосистем условно фоновых территорий Кольского п-ова как основы для оценки уровня загрязнения и нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты региона.

Одной из уникальных особенностей исследованного района является то, что здесь берут начало реки Пана, Цага и Кица, являющиеся притоками крупнейших на Кольском п-ове рек Варзуги, Вороньей и Умбы, природная ценность которых обусловлена их высокой продуктивностью и статусом «лососевых» [Казаков и др., 1992; Калюжин, 2003; Мартынов, 2007; Kashulin et al., 2010]. Изучение экологического состояния и ихтиологический мониторинг рассматриваемых в статье водоемов представляет собой важнейшую научную задачу, обосновывающую недопустимость различного вида антропогенных преобразований верховьев указанных рек

с целью сохранения богатейшего природного потенциала экосистем Субарктики.

Целью данной работы являлось комплексное изучение современного состояния пресноводной биоты (фитопланктона, зоопланктона, зообентоса и ихтиофауны) малых водоемов, расположенных в районе предполагаемой разработки месторождения «Федорова тундра».

Материалы и методы

В период с 2007 по 2012 г. проведены гидробиологические и ихтиологические исследования 11 водоемов, расположенных в юго-западной части бассейна р. Цага на территории Ловозерского района: оз. Голубое, Шарьявр, Ластьявр, Верхне-Панское, Инчъявр, Нижний Цагаявр, Верхний Цагаявр, а также 194.3, 190.1, 190.4, 199.4 (условные названия по высоте уреза воды н. у. м.) (рис. 1).

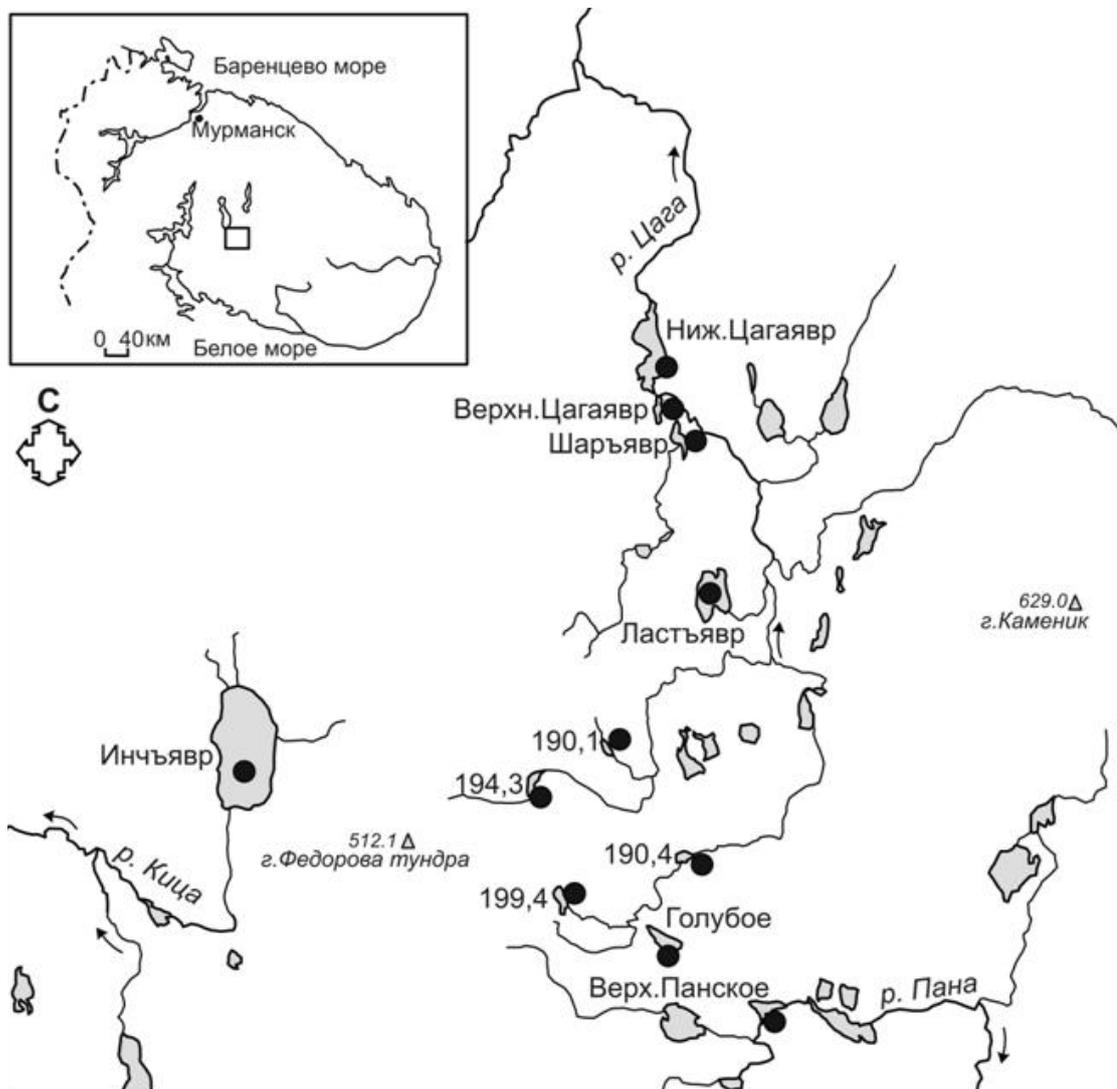


Рис. 1. Карта-схема района исследования

Таблица 1. Некоторые морфометрические и гидрохимические показатели исследованных озер

Показатель	Инчъ- ярв	Нижний Цагаявр	Верхний Цагаявр	190.1	194.3	190.4	199.4	Голу- бое	Ластъ- ярв	Шаръ- ярв	Верхне- Панское
Морфометрические показатели											
Глубина, м	1,5	2,0	2,0	2,9	1,8	3,0	2,5	9,0	3,0	7,0	6,0
Длина, км	2,8	2,0	0,7	0,4	0,7	0,4	0,6	0,9	1,1	1,1	0,8
Ширина, км	1,3	0,6	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,8	0,3	0,4
Площадь, км ²	3,6	1,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,9	0,3	0,3
Проточность	–	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+
Гидрохимические показатели											
Цветность, град.	22	21	28	22	20	26	10	5	25	31	30
pH	6,9	7,0	7,0	5,8	6,8	6,5	7,0	6,4	6,5	6,4	6,4
Ca ²⁺ , мг/дм ³	1,4	2,4	1,6	0,6	2,4	1,0	2,5	0,3	0,5	1,2	1,8
Mg ²⁺ , мг/дм ³	0,53	0,95	0,77	0,28	0,63	0,58	0,53	0,20	0,37	0,63	0,63
Na ⁺ , мг/дм ³	2,63	3,40	3,71	1,30	2,10	2,25	2,55	1,64	2,85	2,80	2,05
K ⁺ , мг/дм ³	0,52	0,50	0,54	0,17	0,44	0,52	0,40	0,34	0,44	0,72	0,58
Общий P, мкг/дм ³	8	6	9	9	21	10	6	7	12	7	12
Общий N, мкг/дм ³	309	178	324	330	253	212	169	159	325	311	232
Орг. в-во, мг O/дм ³	9,0	6,7	8,8	9,8	7,9	11,2	4,9	3,2	11,5	14,6	12,2
Кремний, мг/дм ³	0,67	3,70	2,17	0,40	3,86	2,91	2,60	0,37	0,57	2,23	2,44
Алюминий, мг/дм ³	72	42	53	86	330	44	23	7	38	67	67
Железо, мг/дм ³	81	390	484	45	192	128	20	26	122	330	344
Медь, мг/дм ³	1,1	1,3	2,4	1,6	0,7	1,2	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6
Никель, мг/дм ³	0,4	1,8	2,4	0,6	0,6	0,3	0,2	<0,2	0,5	0,5	0,5

Примечание. Анализ гидрохимических показателей выполнен в лаборатории аналитической химии ИППЭС КНЦ РАН.

Территория исследованного района относится к подтипу восточных северотаежных ландшафтов, в значительной степени заболочена. Большинство озер представляет собой небольшие водоемы (Инчъярв, 194.3, Нижний Цагаявр), имеющие ледниковое происхождение, округлую форму и малые глубины (1,5–2 м). Запрудные озера (Голубое, Шаръярв, Верхне-Панское), образовавшиеся в результате преграждения мореной поверхностного стока, имеют вытянутую овальную форму и глубины до 4–6 м. Характер дна водных объектов разнообразный, встречаются ил, песок, галька и валуны.

Воды всех озер имеют низкую общую минерализацию и являются «пресными ксеногалобными», по классу и группе «гидрокарбонатно-натриевые» [Алекин, 1946]. Содержание общего фосфора низкое – 6–21 мкг/дм³, что указывает на олиготрофный характер водоемов. По кислотности «нормальные» или «кисловатые» (ГОСТ 17.1.2.04-77). В табл. 1 приведены основные морфометрические и гидрохимические характеристики исследованных водоемов.

Отбор и анализ проб фитопланктона и фитоперифитона проводили с использованием рекомендованных стандартных методик [Руководство..., 1983, 1992; Комулайнен, 2003], по схеме, описанной ранее [Денисов, 2010]. В связи со сравнительно небольшими глубинами озер фитопланктон отбирали только из поверхностных слоев воды (0–1 м) батометром Руттнера (объем 2,2 л). Фитоперифитон отбирали в литоральной зоне на глубине до 0,5 м, пробы анализировались, по возможно-

сти, в нефиксированном состоянии. В оз. Шаръярв обрастания отобраны не были. В данной работе термином «фитоперифитон» были с известной степенью условности обозначены сообщества водорослей, развивающиеся не только на каменистом субстрате, но и на частицах детрита, свободно плавающих у дна, включая альгофлору наилка, прибрежных мохообразных, песчаных фракций грунта, а также плавающие в мелководных заливах дерновинки. Подобный ценоз не является «обрастанием» в традиционном понимании и зачастую представляет собой комплекс ассоциатов колоний водорослей с частицами детрита, который подвержен переносу течениями, так как фактическая связь с субстратом отсутствует.

Подсчет и таксономическая идентификация водорослей осуществлялась на световых микроскопах «Leitz Biomed», «Motic BA 300» и «Carl Zeiss Jena NU 2E» с иммерсионными объективами. Определение водорослей проводилось по определителям [Голлербах и др., 1953; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Виноградова и др., 1980; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b; Tikkanen, 1986].

Таксономическая принадлежность уточнялась с использованием международной электронной базы данных [Guiry, Guiry, 2013]. Сходство альгофлор водоемов оценивалось с помощью коэффициента Сьеренсена-Чекановского (K_{sc}) по численности (экз./л) водорослей, видовое разнообразие – по индексу Шеннона-Уивера H' [Shannon, Weaver, 1949] и индексу доминирования Симпсона D [Simpson, 1949].

Биомасса фитопланктона вычислялась счетно-объемным методом, а также на основе содержания хлорофилла «а» [Гусева, 1959; Кузьмин, 1984; Шаров, 2004]. Была рассчитана численность водорослей (экз./л), при этом за экземпляр принимались одноклеточные водоросли и колонии, где затруднен подсчет отдельных клеток, например мелкоклеточные *Cyanobacteria*. Концентрация хлорофиллов «а», «b» и «с» была определена спектрофотометрическим методом [Determination..., 1966; Jeffrey, Humphrey, 1975]. Для оценки трофического статуса озер по количественным характеристикам фитопланктона, содержанию хлорофилла «а» использовалась шкала С. П. Китаева [1984]. По составу фитоперифитона была произведена оценка качества вод на основе индекса сапробности методом Пантле и Букка в модификации Сладечека [Pantle, Buss, 1955; Сладечек, 1967].

Количественные пробы зоопланктона отбирались батометром Руттнера (объем 2 л) только из поверхностных слоев воды (0–1 м), качественные – тотально сетью Апштейна. Фиксатор – 4%-й формалин. Обработка проб и необходимые расчеты проводились согласно общепринятым методикам [Руководство..., 1992]. Расчет индивидуальной массы организмов выполнен на основе уравнения зависимости между длиной и массой тела планктонных коловраток и ракообразных [Ruttner-Kolisko, 1977; Балушкина, Винберг, 1979]. Расчеты численности и биомассы выполнены с использованием статистического пакета программ М. Т. Сярки [1996]. Индекс сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека рассчитывали исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов согласно общепринятым методикам [Макрушин, 1974]. При оценке доминирующий вид составляет более 20 % от общей численности (или биомассы), обильный – 15–20 %, средняя встречаемость – 10–15 %, малая – 5–10 %, редкая – менее 5 % [Хаберман, 1974]. Трофический статус водоемов оценивали по «шкале трофности» [Китаев, 1984], основанной на показателях биомассы зоопланктона.

Отбор проб зообентоса осуществлялся дночерпателем Экмана-Берджа (площадью 1/40 м²) в профундальной зоне водоемов в трехкратной повторности. Анализ бентосных проб проводили с использованием рекомендованных стандартных методик [Руководство..., 1992]. Определение беспозвоночных проводилось по таксономическим ключам под редакцией Л. А. Кутиковой, В. Я. Старобогатова [Определитель..., 1977] и С. Я. Цалолихина [Определитель..., 2000, 2001, 2004]. Биомасса

рассчитывалась по сырому весу. Уровень трофности водоема определяли по классификации С. П. Китаева [1984].

Изучение состояния *рыбной части* проводилось в период открытой воды (август – сентябрь). Для контрольных обловов были использованы стационарные жаберные сети с ячейей 10–45 мм. Биологический анализ включал инвентаризацию видового состава ихтиоценозов озер, определение размерно-весовой, половой и возрастной структуры популяций рыб. Исследования проводились по общепринятым в ихтиологии методикам [Известия..., 1956; Правдин, 1966; Мина, 1981; Сметанин и др., 2002].

Результаты и обсуждение

Фитопланктон. Всего обнаружено 77 таксонов в шести крупных таксономических группах водорослей, из них: *Cyanobacteria* – 11, *Chlorophyta* – 6, *Charophyta* – 11, и *Ochrophyta*, среди которых *Bacillariophyceae* – 46, *Chrysophyceae* – 2, *Xanthophyceae* – 1. Видовой состав и структура фитопланктона исследованных водных объектов неодинакова и специфична для каждого водоема, что свидетельствует о различии биотопических характеристик. Так, в оз. Инчъявр развивались преимущественно диатомовые водоросли, а в оз. 190.1 – зеленые и харовые, в Голубом – синезеленые (рис. 2, а).

Сходство альгоценозов между водоемами очень низкое (K_{sc} от 1 до 38). Наиболее сходными оказались альгофлоры озер Шаръявр, Верхний и Нижний Цагаявр, что объясняется их близким расположением и интенсивным водообменом. Также отмечено сходство сообществ фитопланктона озер Инчъявр и 199.4, в основном по доминирующим таксонам диатомовых водорослей. В остальных водоемах развивались специфичные альгоценозы (рис. 2, б). Наименьшим сходством видового состава и структуры сообществ фитопланктона с остальными озерами характеризуется оз. Верхне-Панское, где наиболее высока (свыше 30 %) доля золотистых водорослей.

По экологическим характеристикам основную массу составляли виды, типичные для субарктических водоемов зоны северной тайги и тундры, а также космополиты: *Gomphosphaeria aponina* Kütz., *Gloeocapsopsis magma* (Bréb.) Komárek & Anagn., *Chroococcus dispersus* (Keiss.) Lemm., *Cosmarium turpinii* Bréb., *C. bioculatum* Bréb., *C. asphaerosporum* var. *strigosum* Nordst., *Monoraphidium circinale* (Nyg.) Nyg., *Staurastrum manfeldtii* Delp., *S. anatinum* Cooke et Wills, *Amphora inariensis* Kramm., *Achnanthidium minutissimum* (Kütz.)

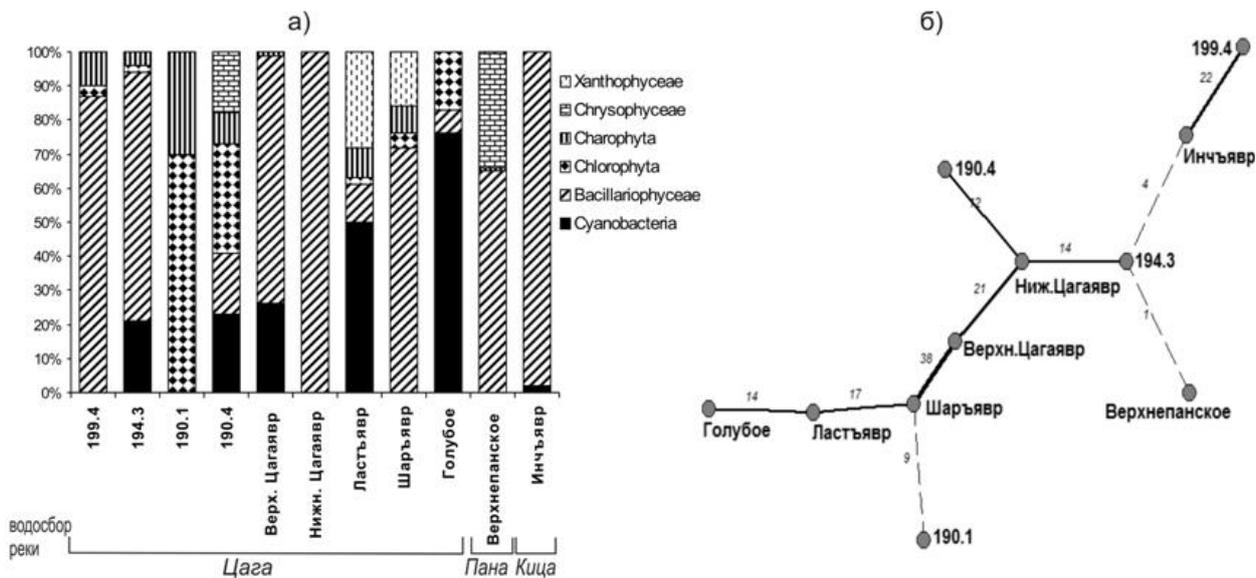


Рис. 2. Структура водорослевых сообществ планктона:

а – соотношение численности основных таксономических групп (%); б – дендрограмма сходства альгофлор на основе коэффициента Сьеренсена-Чекановского по количественным признакам

Czarn., *A. minutissimum* var. *jackii* (Rabenh.) Lange-Bert., *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., *Frustulia crassinervia* (Bréb.) Lange-Bert. & Kramm., *Aulacoseira italica* (Ehrb.) Simons., *Dinobryon divergens* var. *schauinslandii* (Lemm.) Brun. и др. Специфической чертой планктонных сообществ водорослей было присутствие обрастателей и бентосных форм в составе планктона, как следствие малых глубин и связи с водотоками. Реже в составе альгоценозов встречались водоросли, характерные для эвтрофируемых водоемов: *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Gomphonema coronatum* (Ehrb.) W. Sm., *Gomphoneis olivacea* var. *calcareo* (Cleve) Hartley.

Видовое разнообразие фитопланктона было невысоко. Индекс Шеннона-Уивера (H') находился в пределах 0,2–2,4 бит/экз., индекс доминирования Симпсона (D) – 0,91–0,09.

Во всех водоемах бассейна р. Цаги встречались десмидиевые водоросли (родов *Cosmarium*, *Closterium*, *Euastrum*, *Staurastrum*), характеризующие ненарушенные антропогенной деятельностью условия [Арнольди, Алексеев, 1915; Летанская, 1974]. В других озерах доля десмидиевых была незначительной. Виды-индикаторы органического загрязнения обнаружены не были, также не было выявлено морфологических проявлений токсических эффектов, например, нарушения морфологии панциря диатомей.

Численность фитопланктона в конце гидробиологического лета в большинстве водоемов не превышала 5 тыс. экз./л, за исключением

оз. Инчъявр, где этот показатель был максимальным (более 10 тыс. экз./л), минимальная численность фитопланктона (0,46 тыс. экз./л) была зафиксирована в оз. Нижний Цагаявр. Уровень биомассы фитопланктона во всех водоемах был низким (<1 г/м³), что соответствует значениям биомассы летнего фитопланктона тундровых и лесотундровых озер Кольского п-ова [Летанская, 1974; Купецкая и др., 1976].

Содержание хлорофилла «а» для всех водоемов было невысоким и не превышало 0,51 мг/м³ (оз. 190.4), минимальные содержания (0,02–0,03 мг/м³) были зафиксированы в озерах Шарьявр, Верхне-Панское, Голубое, Верхний и Нижний Цагаявр, максимальные – для озер Инчъявр и 190.4: 0,38–0,51 мг/м³ (рис. 3, б). Содержание хлорофилла «b» изменялось в пределах 0,01–0,23 мг/м³, содержание хлорофилла «с» – 0,27–0,68 мг/м³.

Таким образом, по уровню численности, биомассы, содержанию хлорофиллов и видовому составу исследованные водные объекты соответствуют олиготрофному трофическому статусу и представляют собой водоемы, типичные для северотаежной зоны Кольского п-ова [Китаев, 1984].

Фитоперифитон. По сравнению с фитопланктоном, фитоперифитон исследованных водоемов отличался большим числом видов, обилием и биомассой, что является типичной чертой большинства сравнительно неглубоких внутренних водоемов. Всего обнаружен 101 таксон рангом ниже рода в пяти крупных таксономических группах водорослей, из них: *Cyanobacteria* – 15,

Таблица 2. Видовой состав зоопланктона исследованных озер

Виды	Инчъ- явр	Ниж- ний Цага- явр	Верх- ний Цага- явр	194.3	190.1	190.4	199.4	Голу- бое	Ластъ- явр	Верх- не- Пан- ское	Шаръ- явр
Rotatoria											
<i>Synhaeta</i> sp.				x							
<i>Polyarthra</i> sp.	x					x	x	x	x		
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	x			x				x			
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	x										
<i>Brachionus calyciflorus</i> (Wierzejski)								x	x		
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	x						x	x	x		x
<i>Keratella quadrata</i> (Müller)		x									
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)			x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Rotatoria</i> sp.						x					
Число видов в группе	4	1	1	3	1	3	3	5	4	1	2
Cladocera											
<i>Holopedium gibberum</i> (Zaddach)	x		x		x		x	x	x		x
<i>Daphnia longispina</i> (Müller)				x	x						
<i>Daphnia longiremis</i> (Sars)											x
<i>Daphnia cristata</i> (Sars)			x							x	x
<i>Ceriodaphnia</i> sp.					x						
<i>Scapholeberis mucronata</i> (Müller)					x						
<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller)			x								
<i>Alona guttata</i> (Sars)					x						
<i>Bosmina obtusirostris</i> (Sars)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Число видов в группе	2	1	4	2	6	1	2	2	2	2	3
Copepoda											
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine)				x							
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars)	x		x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Cyclops</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Число видов в группе	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2
Общее число видов	8	3	7	7	9	6	7	9	8	4	7

ex De Toni, *Closterium diana* Ehrb. ex Ralfs, *Netrium digitus* (Bréb. ex Ralfs) Itzigs. & Rothe, *Staurastrum paradoxum* Meyen ex Ralfs. и др. Основную массу синезеленых составляли *Rivularia dura* Roth ex Bornet & Flahault, *Stigonema informe* Kütz. ex Bornet & Flahault, *Microcystis pulverea* f. *irregularis* (Wood) Forti (B.-Peters.) Elenk. Среди желто-зеленых отмечен единственный представитель – *Tribonema elegans* Pascher.

В исследованных озерах фитоперифитон формировал значительную часть общей биомассы водорослей; многие представители обрастателей встречались в водной толще, в альгоценозах литорали отмечены аэрофильные виды, а также обитатели наземных местообитаний (*Stigonema informe*). Наибольшим числом видов и численностью во всех водных объектах характеризовались диатомовые (до 76 %) и синезеленые водоросли (до 46 %). Исключение составило оз. Инчъявр, где доминирующую позицию занимали совокупно зеленые и харовые водоросли – до 84 %.

Видовое разнообразие фитоперифитона оказалось выше, чем фитопланктона. H' находился в пределах 0,7–2,9 бит/экз., D – 0,48–0,08. В связи с этим качество вод на основе индекса сапробности целесообразнее оценивать по сообществам фитоперифитона, как менее динамичным и более разнообразным.

Проективное покрытие субстрата перифитонном изменялось от 20 до 100 % (рис. 4, а). Наиболее плотные обрастания характерны для озер, литораль которых переходит в заболоченный берег с торфяно-болотистыми формациями, где перифитон ассоциирован с растительными остатками, мохообразными и детритом. Менее обильны обрастания каменистой литорали, где они были представлены отдельными локальными формациями.

Сходство альгофлор перифитона исследованных озер выше, чем у планктона, – K_{sc} от 13 до 51. Наиболее сходным оказался видовой состав озер Голубое и Верхне-Панское ($K_{sc} = 51$), а также озер Инчъявр и 190.4 ($K_{sc} = 47$) (рис. 4, б).

Индекс сапробности варьировал в пределах 0,63–1,48, степень сапробности вод изменялась от олиго-ксеносапробной до олиго-бетамезосапробной. Все озера характеризовались олиготрофным трофическим статусом и соответствовали II классу качества вод «чистые воды» (ГОСТ 17.1.3.07-82).

Зоопланктон. Руководящий комплекс зоопланктонных сообществ исследованных водоемов составляли представители северной фауны: *Keratella cochlearis* (Gosse), *Kellicottia longispina* (Kellicott), *Synhaeta* sp., *Bosmina obtusirostris* (Sars), *Daphnia cristata* (Sars), *Holopedium*

Таблица 3. Структурные и функциональные показатели зоопланктонных сообществ исследованных озер

Показатели	Инчъ- явр	199.4	Голу- бое	Ластъ- явр	Верхне- Пан- ское	Шарь- явр	Нижний Цагаявр	Верхний Цагаявр	194.3	190.1	190.4
N общая, тыс. экз./м ³	208,0	118,5	14,08	27,0	1,5	10,95	2,25	37,5	6,0	43,0	52,25
V общая, г/м ³	2,49	4,34	0,32	0,52	0,04	0,52	0,06	0,94	0,1	1,37	0,25
N (тыс. экз./м ³) основных групп:											
Rotatoria	168,0	35,0	6,08	10,75	0,5	0,5	0,25	1,25	3,5	3,5	46,25
Cladocera	16,0	60,25	0,92	14,0	0,67	5,95	1,5	33,5	1,5	23,25	0,75
Sopropoda	24,0	23,25	7,08	2,25	0,33	4,5	0,5	2,75	1,0	16,25	5,25
V (г/м ³) основных групп:											
Rotatoria	0,29	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,02
Cladocera	0,46	2,95	0,03	0,38	0,01	0,14	0,04	0,8	0,05	0,64	0,02
Sopropoda	1,74	1,38	0,29	0,14	0,03	0,38	0,02	0,14	0,05	0,73	0,21
H (N), бит/экз.	1,42	2,17	2,48	2,05	1,98	2,06	1,22	1,65	2,51	2,14	1,08
Индекс сапробности	1,88	1,48	1,64	1,83	1,78	1,67	1,88	1,72	1,63	1,67	1,60

gibberum (Zaddach), *Cyclops* sp., *Eudiaptomus gracilis* (Sars). Преимущественное развитие получили «тонкие» фильтраторы *Bosmina* и *Daphnia*. Индекс видового разнообразия Шеннона варьировал в пределах 1,08–2,51 бит/экз. (табл. 2).

Уровень численности и биомассы зоопланктона в большинстве исследованных водоемов соответствовал значениям, характерным для холодноводных олиготрофных озер Кольского п-ова: 1,5–52,25 тыс. экз./м³ и 0,04–1,37 г/м³. Исключение составляли озера Инчъявр и 199.4, в которых эти показатели достигали 208 тыс. экз./м³ и 2,49 г/м³, 118,5 тыс. экз./м³ и 4,34 г/м³ соответственно. Исключительно высокое значение биомассы зоопланктона в озере 199.4 объясняется массовым развитием в период исследований крупного ветвистого рачка *Holopedium gibberum* (66,3 % от общей биомассы организмов) (табл. 3).

Согласно индексу сапробности, озера характеризовались как β-мезосапробные, класс качества воды – III («умеренно-загрязненные»). По «шкале трофности» водоемы могут быть отнесены к олиготрофным (биомасса <0,5–1,0 г/м³), за исключением оз. 199.4, которое оказалось мезотрофным (биомасса >4,0 г/м³) [Китаев, 1984].

Макрозообентос. В бентосных сообществах исследованных водоемов выявлено 24 вида и формы беспозвоночных из 9 систематических групп: олигохеты (*Oligochaeta*, *Lumbriculidae*, *Tubificidae*, *Naididae*), брюхоногие моллюски (*Valvata sibirica* Midd., *Limnaea ovata* L., *Limnaea peregrina* Muller), двустворчатые моллюски (*Sphaerium corneum* L., *Euglesa* sp.), пиявки (*Glossiphonia complanata* L., *Hellobdella stagnalis* L.), ручейники (*Limnephilidae*, *Limnephilus stigma* Curtis, *Limnephilus* sp., *Molanna angustata* Curtis, *Phryganeidae*, *Phryganea bipunctata* Retz.), двукрылые (*Chironomidae*, *Chironomus dorsalis* gr., *Stictochironomus* sp., *Stempellina bausei* Kieff., *Paratendipes* sp., *Procladius (Holotanipus) choreus* gr., *Ceratopogonidae*), поденки (*Ephemeroptera*, *Caenis horaria* L., *Baetis rhodani* Pict., *Heptagenia sulphurea* Mull.), стрекозы (*Odonata*), ракообразные (*Amphypodae*, *Gammarus lacustris* Sars.). Все представленные группы широко распространены и характерны для внутренних водоемов северо-восточной зоны [Яковлев, 2005].

Количественные показатели зообентоса были невысоки, численность варьировала от 130 до 900 экз./м², биомасса – от 0,2 до 0,8 г/м² (табл. 4). Бентосные сообщества характеризовались

Таблица 4. Структура макрозообентоса (%) и количественные показатели основных групп

Показатели	194.3	190.1	190.4	199.4	Голу- бое	Шарь- явр	Ластъ- явр	Верхне- Панское	Инчъ- явр	Верхний Цагаявр	Нижний Цагаявр
Gastropoda	0	0	0	22	0	0	5	27	0	6	0
Bivalvia	11	50	0	9	23	25	10	8	11	25	19
Oligochaeta	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
Hirudinea	0	0	0	4	0	0	7	0	0	0	9
Trichoptera	16	44	0	34	33	59	59	47	38	12	53
Chironomidae	58	0	100	11	44	16	15	7	51	57	19
Ceratopogonidae	15	0	0	2	0	0	4	0	0	0	0
Ephemeroptera	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0
Odonata	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
Crustacea	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Общая численность, экз./м ²	761	324	132	908	341	244	369	616	320	648	424
Общая биомасса, г/м ²	0,6	0,2	0,2	0,8	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,3
H (N) бит/экз.	1,64	1,34	–	2,55	1,54	1,38	1,91	2,05	1,40	1,58	1,72

олигодоминантной структурой, в состав доминирующего комплекса в большинстве исследованных водоемов входили двустворчатые моллюски, хирономиды и личинки ручейников. Различия в таксономическом составе и структуре бентофауны определялись спецификой ландшафтно-географических, батиметрических и гидрологических условий каждого водоема. По уровню биомассы зообентоса согласно шкале [Китаев, 1984] все водоемы характеризуются как α -олиготрофные, класс качества воды – II («чистые»).

Ихтиофауна. В рыбном сообществе исследованных водоемов доминировали представители бореально-равнинного комплекса: речной окунь *Perca fluviatilis* L. и обыкновенная щука *Esox lucius* L., к этому комплексу относится и обыкновенный ерш *Sympterygion cernuus* (L.), отмеченный лишь в оз. Ластьявр. Данные виды широко распространены в верховьях бассейнов рек Паны и Кицы [Кашулин и др., 2012]. Однако плотва *Rutilus rutilus*, представитель указанного фаунистического комплекса, встречающаяся в верховьях р. Паны [Калюжин, 2003], в уловах отсутствовала. Среди представителей бореально-предгорного фаунистического комплекса преобладали повсеместно распространенные в пресноводных экосистемах центральной части Мурманской области европейский хариус *Thymallus thymallus* (L.) и обыкновенный голяк *Phoxinus phoxinus* (L.). Реже в уловах встречались обыкновенный сиг *Coregonus lavaretus* L. и налим *Lota lota* L. (арктический пресноводный фаунистический комплекс). Девятииглая колюшка *Pungitius pungitius* (L.) (понтотаспийский фаунистический комплекс) встречалась в прибрежной части озер и содержимом желудков хищных видов. Таким образом, практически все исследованные водоемы относились к окунево-щучьим.

Анализ размерно-весовых и возрастных характеристик рыб проводился для доминирующих в уловах видов. Для окуня наиболее высокие размерно-весовые показатели были отмечены в озерах Голубое и Ластьявр. Рыбы данного вида в указанных водоемах характеризовались также более высокой вариабельностью массы и линейных размеров, а также более высокими темпами роста (табл. 5), что может быть связано с особенностями условий обитания. В возрастном распределении окуня отмечено доминирование особей в возрасте 3+ и 4+, предельный возраст не превышал 6+ (рис. 5). Высокие размерно-весовые показатели окуня бессточного оз. Голубого, при отсутствии других представителей ихтиофауны, по-видимому, обусловлены богатой кормовой базой, а также свойственным данному виду явлением каннибализма.

Таблица 5. Основные биологические характеристики рыб (числитель – среднее \pm стандартная ошибка, знаменатель – пределы варьирования)

Вид	Масса, г	Длина АС, см	♂: ♀	Возрастной интервал
Оз. Нижний Цагаявр				
Сиг	296 ± 22 85–670	27.8 ± 0.6 21,2–37,8	1 : 1	3+...9+
Щука	446 ± 97 120–1612	37.7 ± 2.1 26–56,5	2 : 1	2+...6+
Окунь	107 ± 15 67–57	18.9 ± 0.9 16,5–22,5	1 : 2.5	3+...5+
Оз. Верхний Цагаявр				
Сиг	156 ± 36 46–315	22.4 ± 1.7 16,3–29,4	1 : 5	1+...4+
Окунь	119 ± 13 33–157	19.9 ± 0.9 13,8–21,6	1 : 2.5	1+...4+
Оз. Шарьявр				
Сиг	332 ± 16 238–405	29.6 ± 0.4 26,9–31,6	1 : 2	3+...4+
Щука	401 ± 57 240–578	38.6 ± 1.2 35–42	4 : 1	3+...5+
Окунь	68 ± 7 19–129	16.7 ± 0.6 11,5–21,5	1 : 2	1+...4+
Оз. Верхне-Панское				
Сиг	222 ± 56 98–539	25.8 ± 1.8 20,4–35,2	1 : 2.5	3+...4+
Щука	1407 ± 116 1120–1600	56.9 ± 1.2 53,5–58,8	1 : 1	5+...7+
Окунь	136	22,0	–	3+
Оз. Инчъявр				
Щука	750 ± 50 700–800	47.2 ± 0.2 47–47,4	1 : 1	5+
Окунь	59 ± 6 43–86	15.9 ± 0.5 14,5–17,7	1 : 2	2+...3+
Оз. 199.4				
Щука	580	46,5	–	5+
Окунь	91 ± 13 72–116	20 ± 1.3 17,7–22,0	1 : 2	3+...5+
Оз. 190.4				
Щука	812 ± 33 737–955	48.3 ± 0.5 47–50,7	1 : 5	3+...5+
Оз. 190.1				
Окунь	37	14,4	–	2+
Оз. 194.3				
Окунь	36 ± 2 27–40	13.3 ± 0.3 12,4–14,0	1,5 : 1	1+...2+
Оз. Голубое				
Окунь	346 ± 36 10–666	28.3 ± 1.3 10,2–36,5	1 : 1.6	1+...6+
Оз. Ластьявр				
Окунь	246 ± 23 11–338	24.1 ± 1.2 10,2–27,0	1 : 1	1+...6+

Встречаемость сига в исследованных водоемах зависела от размеров и проточности озер, он отмечался только в проточных озерах, относящихся к системам рек Цаги и Паны. В распределении рыб по длине и массе минимальными значениями характеризовались сиги озера Верхний Цагаявр, наиболее крупные особи отмечены в озере Нижний Цагаявр (табл. 5). Предельный возраст сига в уловах составил 9+, при этом особи младших возрастных групп не отмечены, а особи старше 7+ были представлены единичными экземплярами (рис. 6). Основу наиболее крупных выборок озер Верхне-Панское и Нижний

Цагаявр составляли сига в возрасте 4+. Отсутствие рыб младших возрастных групп в указанных озерах свидетельствует о наличии нерестовых угодий, поскольку здесь доминировали особи со зрелыми половыми продуктами. Молодь сига единична в уловах и визуально отмечена в придаточных водоемах систем рек Паны и Цаги с благоприятными условиями для ее нагула. Открытость озерно-речных систем исследованного района обуславливает использование различных частей бассейнов в качестве нагульных и нерестовых в различные сезоны года.

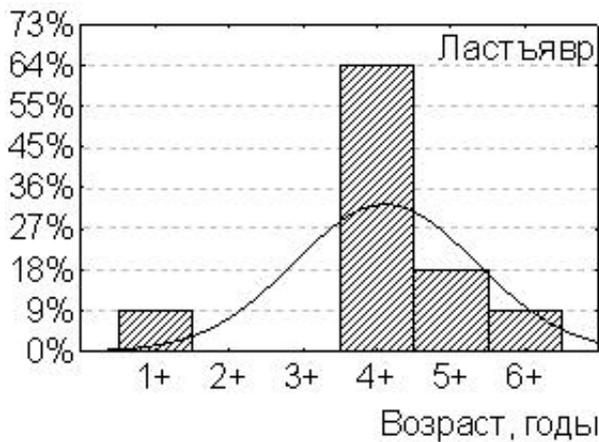
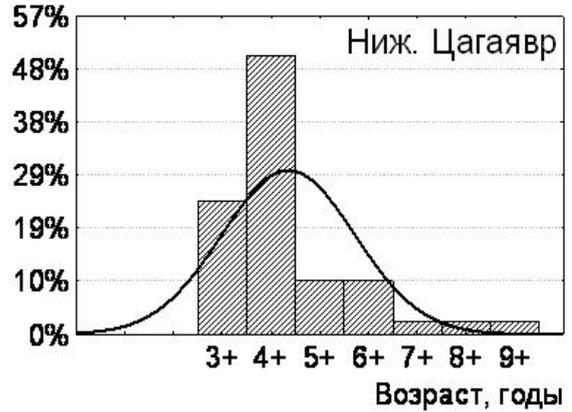
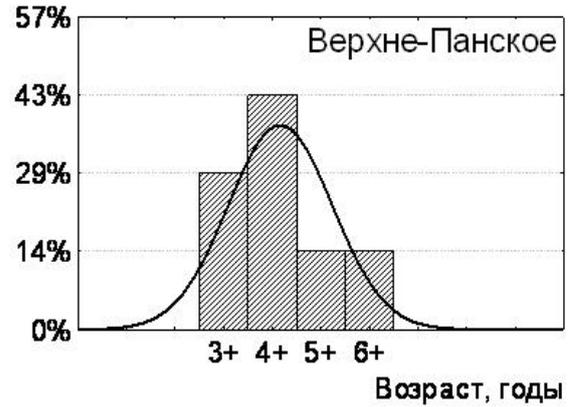
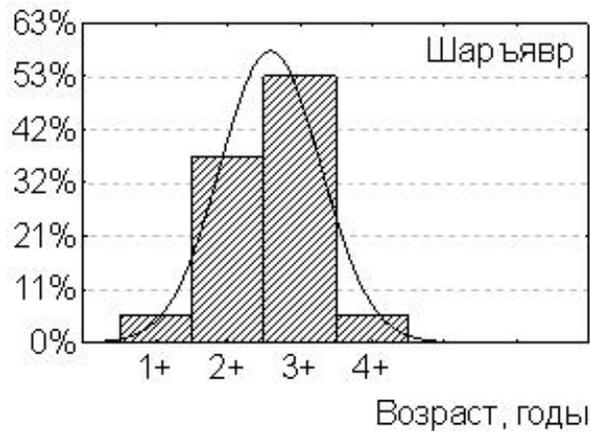


Рис. 6. Возрастное распределение сига исследованных озёр

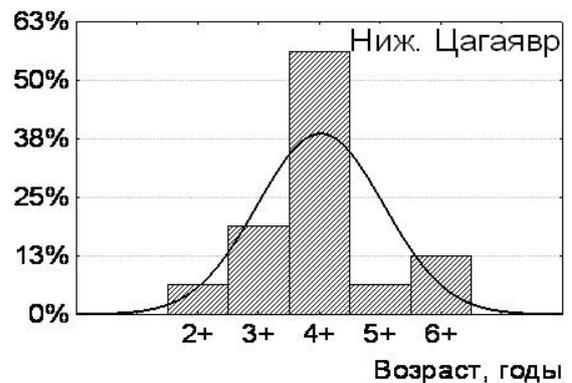
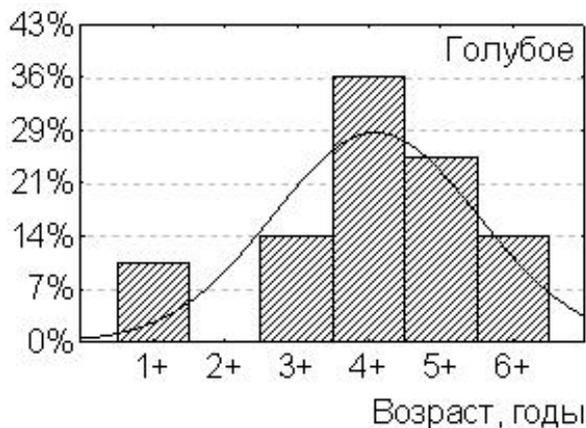


Рис. 7. Возрастное распределение щуки

Рис. 5. Возрастное распределение окуня исследованных озёр

Щука характеризовалась наиболее высокими размерно-весовыми показателями в оз. Верхне-Панское. Средние линейные размеры и масса рыб здесь были более чем в три раза выше, чем в озерах Нижний Цагаявр и Шарьявр (табл. 5). Отмечены более высокие темпы роста рыб в оз. Верхне-Панское, Инчъявр и 190.4, что обусловлено, по-видимому, обилием кормовых объектов и отсутствием внутривидовой конкуренции. Поскольку щука в уловах была немногочисленна, возрастное распределение рыб данного вида наиболее отчетливо можно проследить для оз. Нижний Цагаявр (рис. 7). Здесь основу попу-

ляции составляли особи в возрасте 4+, а возрастной ряд ограничивался рыбами семилетнего возраста. Младшие возрастные группы не были отмечены. Кроме того, отсутствие крупных экземпляров рыб может быть обусловлено селективным изъятием при неконтролируемом лове.

Анализ состояния организмов рыб не выявил серьезных патологических изменений внутренних органов и тканей, характерных для рыб, обитающих вблизи промышленных центров региона [Кашулин и др., 1999; Kashulin et al., 2011]. В целом частота встречаемости патологий рыб не превышала 3 %, что свидетельствует о благоприятных условиях функционирования экосистем исследованного района.

Таким образом, в озерах доминируют три вида рыб: окунь, сиг и щука. Размерно-весовые показатели рыб изученных озер, а также возрастное распределение, несмотря на значительное их варьирование в ряде озер, типичны для водоемов Мурманской области. Отсутствие в уловах рыб младших возрастных групп в ряде озер может быть связано с разделением водоемов в пределах озерно-речной системы на нагульные и нерестовые. Видовое разнообразие в целом зависит от проточности и размеров водоемов и характеризуется максимальными для данного района показателями в озерно-речных системах, принадлежащих бассейнам рек Паны и Цаги. Кроме того, численность рыб в уловах малых озер может зависеть от сезонных особенностей (образование нерестовых и нагульных скоплений). Такие скопления характерны, например, для щуки и окуня в пред- и постнерестовый период. Поскольку наши исследования проводились в августе-сентябре, в ряде водоемов щука и окунь были представлены единичными экземплярами. Одним из существенных факторов, подрывающих стабильность функционирования малых водоемов рассматриваемого района, является неконтролируемый вылов, свидетельства которого (браконьерские сети) были зарегистрированы на всех озерах.

Заключение

Таким образом, проведенные гидробиологические исследования позволили определить природные характеристики сообществ водных организмов.

Видовой состав и соотношение основных отделов водорослей могут резко различаться даже на сравнительно близко расположенных водоемах, что объясняется разницей в биотопических характеристиках. Низкие содержание хлорофиллов и уровень биомассы фитопланк-

тона подтверждают олиготрофный трофический статус исследованных водных объектов и отсутствие органического загрязнения.

Фитоперифитон характеризуется большим числом видов по сравнению с фитопланктоном и вносит значительный вклад в общую биомассу, образуемую автотрофами в водоемах. На основе сапробного индекса, рассчитанного по показателям фитоперифитона, установлено, что все изученные водные объекты принадлежат к лимносაპრობной категории вод и II классу чистоты.

Присутствие в альгоценозах десмидиевых водорослей свидетельствует о не нарушенных антропогенной деятельностью условиях в водных экосистемах района.

Руководящий комплекс зоопланктонных сообществ исследованных водоемов составляли типичные представители северной фауны. Доминируют «тонкие» фильтраторы *Bosmina* и *Daphnia*. Согласно индексу сапробности, озера β-мезосапробные, класс качества воды – III (умеренно-загрязненные), по «шкале трофности» преимущественно принадлежат к олиготрофным.

Макрозообентос исследованных водоемов отличается относительно невысоким таксономическим разнообразием и низкими количественными показателями. По уровню развития биомассы зообентоса все водоемы характеризуются как α-олиготрофные, класс качества воды – II, по степени загрязненности – чистые.

Размерно-весовые показатели рыб изученных озер, а также возрастное распределение, несмотря на значительное их варьирование, типичны для водоемов Мурманской области. На формирование облика ихтиофауны, численность отдельных видов, размерно-весовую и возрастную структуру популяций исследованного района определяющее влияние оказывает развитость озерно-речной сети, проточность озер, сезонные явления (нерест, нагул), а также неконтролируемый браконьерский промысел.

Литература

Арнольди В., Алексеенко М. Материалы к флоре водорослей России // Тр. об-ва испыт. природы при Харьк. ун-те: Озера Лапландии. Харьков, 1915. Т. 43, вып. 2. 43 с.

Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 217 с.

Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л., 1979. С. 58–72.

Барина С. С., Медведева, Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.

Виноградова К. Л., Голлербах М. М., Зауер Л. М., Сдобникова Н. В. Зеленые водоросли, классы сифонокладовые, сифоновые, красные водоросли, бурые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 13. Л.: Наука, 1980. 248 с.

Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Синезеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. М.: Наука, 1953. 652 с.

ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды, водоемов и водотоков.

Гусева К. А. К методике учета фитопланктона // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. Т. 2. Л., 1959. С. 44–51.

Дедусенко-Щеголева Н. Т., Голлербах М. М. Желтозеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 5. М.; Л.: Наука, 1962. 272 с.

Известия Всесоюзного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. Т. XLVI. Л., 1956. 65 с.

Казаков Р. В., Кузьмин О. Г., Шустов Ю. А., Щуров И. Л. Атлантический лосось реки Варзуги. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 108 с.

Калюжин С. М. Атлантический лосось Белого моря: проблемы воспроизводства и эксплуатации. Петрозаводск: ПетроПресс, 2003. 264 с.

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

Кашулин Н. А., Сандимиров С. С., Даувальтер В. А. и др. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области: юго-восточная часть Мурманской области (бассейн Белого моря). Ч. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 2012. 221 с.

Китаев С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М., 1984. 207 с.

Комулайнен С. Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. 43 с.

Кузьмин Г. В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан, 1984. 48 с.

Купецкая К. Н., Великорецкая И. И., Венус Б. Г. и др. Большие озера Кольского полуострова. Л., 1976. 364 с.

Летанская Г. И. Фитопланктон и первичная продукция озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Ч. 2. Л., 1974. С. 78–119.

Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974. 60 с.

Мартынов В. Г. Атлантический лосось (*Salmo salar*) на Севере России. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 414 с.

Мина М. В. Задачи и методы изучения роста в природных условиях // Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука, 1981. С. 177–195.

Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) / Отв. ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 510 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под общ. ред. С. Я. Цалолыхина. Двукрылые насекомые. Т. 4. СПб.: Наука, 2000. 997 с.

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

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под общ. ред. С. Я. Цалолыхина. Моллюски, Полихеты, Немертины. Т. 6. СПб.: Наука, 2004. 528 с.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 456 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды. Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука, 1967. С. 26–31.

Сметанин М. М., Сметанина Т. Л., Шихова Н. М. О методах определения возраста рыб (обзор) // Биология внутренних вод. 2002. № 2. С. 15–19.

Сярки М. Т. Организация первичных гидробиологических данных (на примере базы данных по зоопланктону Онежского озера) // Крупные озера – Ладожское и Онежское: Материалы междунар. конф. Петрозаводск, 1996. С. 159.

Хаберман Ю. Х. О доминирующих видах зоопланктона в пелагиали Чудско-Псковского озера и озера Выртсъярв // Биология пресноводных организмов Эстонии. Тарту, 1974. С. 56–71.

Шаров А. Н. Фитопланктон водоемов Кольского полуострова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 113 с.

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

Determination of photosynthetic pigments in seawater / Rep. of SCOP-UNESCO Working Group 17. Paris, UNESCO, 1966. P. 9–18.

Guiry M. D., Guiry G. M. 2013. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.

Jeffrey W., Humphrey G. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls A, B, C and O₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. 1975. Vol. 167. P. 191–194.

Kashulin N. A., Terentyev P. M., Amundsen P. A. et al. Specific features of accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in two whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) morphs inhabiting the Inari–Pasvik lacustrine–riverine system // Inland water biology. 2011. Vol. 4, No 3. P. 383–392.

Kashulin N. A., Shirokov V. A., Sandimirov S. S. et al. Assessment of the habitat conditions for the freshwater pearl mussel *Margaritifera Margaritifera* (L.) in the headwaters of major rivers of Murmansk region // Conservation of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* populations in Northern Europe. Proceedings of the International Workshop. Patrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS, 2010. P. 29–34.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae (Naviculaceae). Sübwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1986. B. 2, No 1. 876 s.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae). Sübwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1988. B. 2, No 2. 596 s.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae (Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae). Sübwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1991a. B. 2, No 3. 576 s.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae (Achnantheacea, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolate) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis).

Sübwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1991b. B. 2, No 4. 437 s.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas – und Wasserfach. 1955. 604 s.

Shannon C. E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.

Simpson E. H. Measurement of species diversity. Nature, 1949. P. 163–688.

Tikkanen T. Kasviplanctonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986. 279 p.

Поступила в редакцию 04.10.2014

References

Arnol'di V., Alekseenko M. Materialy k flore vodoroslei Rossii [Materials to the algal flora of Russia]. Tr. O-va ispyt. Prirody pri Khark. un-te: Ozera Laplandii [Proceedings of the Island of Naturalists of Kharkov University: Lakes of Lapland]. Khar'kov, 1915. Vol. 43, iss. 2. 43 p.

Alekin O. A. Osnovy gidrokhimii [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1953. 217 p.

Balushkina E. V., Vinberg G. G. Zavisimost' mezhdulinoi i massoi tela planktonnykh rakoobraznykh [Relationship between body length and weight of planktonic crustaceans]. Eksperimental'nye i polevye issledovaniya biologicheskikh osnov produktivnosti ozer [Experimental and field studies of biological bases of lake productivity]. Leningrad, 1979. P. 58–72.

Barinova S. S., Medvedeva, L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy [Biodiversity of algal environmental indicators]. Tel'-Aviv: PiliesStudio, 2006. 498 p.

Dedusenko-Shchegoleva N. T., Gollerbakh M. M. Zheltozelenye vodorosli [Yellow-green algae]. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR [Key to freshwater algae of the USSR]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1962. Iss. 5. 272 p.

Gollerbakh M. M., Kosinskaya E. K., Polyanskii V. I. Sinezelenye vodorosli [Blue-green algae]. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR [Key to freshwater algae of the USSR]. Moscow: Nauka, 1953. Iss. 2. 652 p.

GOST 17.1.3.07-82 Okhrana prirody Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody, vodoemov i vodotokov [GOST 17.1.3.07-82 Nature Protection. Hydrosphere. Rules for water quality monitoring, water bodies and channels].

Guseva K. A. K metodike ucheta fitoplanktona. Tr. In-ta biologii vodokhranilishch [On the methods of phytoplankton estimation]. Leningrad, 1959. Vol. 2. P. 44–51.

Izvestiya vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaistva [Proceedings of the All-Union scientific and research institute of lake and river fisheries]. Leningrad, 1956. Vol. XLVI. 65 p.

Kazakov R. V., Kuz'min O. G., Shustov Yu. A., Shchurov I. L. Atlanticheskii losos' reki Varzugi [Atlantic salmon in the Varzuga River]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 108 p.

Kalyuzhin S. M. Atlanticheskii losos' Belogo morya: problemy vosproizvodstva i ekspluatatsii [The Atlantic salmon of the White Sea basin: problems of reproduction and fisheries]. Petrozavodsk: PetroPress, 2003. 264 p.

Kashulin N. A., Lukin A. A., Amundsen P. A. Ryby presnykh vod subarktiki kak bioindikatory tekhnogennogo zagryazneniya [Freshwater fish of Subarctic as bioindicators of technogenic pollution]. Apatity, 1999. 142 p.

Kashulin N. A., Sandimirov S. S., Dauval'ter V. A., Kudryavtseva L. P., Terent'ev P. M., Denisov D. B., Vandyshe O. I., Val'kova S. A. Annotirovannyi ekologicheskii katalog ozer Murmanskoi oblasti: yugo-vostochnaya chast' Murmanskoi oblasti (bassein Belogo morya) [Annotated ecological catalogue of lakes in the Murmansk region: south-east area (basin of the White Sea)]. Apatity: KNTs RAN, 2012. Part 1. 221 p.

Khberman Yu. Kh. O dominiruyushchikh vidakh zooplanktona v pelagiali Chudsko-Pskovskogo ozera i ozera Vyrtts'yarv [Dominant zooplankton species in the pelagic of Lakes Peipsi-Pihkva and Vyrttsjarv]. Biologiya presnovodnykh organizmov Estonii [Biology of Estonian freshwater organisms]. Tartu, 1974. P. 56–71.

Kitaev S. P. Ekologicheskie osnovy bioproduktivnosti ozer raznykh prirodnykh zon [Ecological bases of lake bioproductivity in different natural zones]. Moscow, 1984. 207 p.

Komulainen S. F. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu fitoperifitona v malykh rekakh [Methodological guidelines for studying phytoperiphyton in small rivers]. Petrozavodsk, Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2003. 43 p.

Kuz'min G. V. Tablitsy dlya vychisleniya biomassy vodoroslei [Tables for algae biomass calculation]. Magadan, 1984. 48 p.

Kupetskaya K. N., Velikoretskaya I. I., Venus B. G. i dr. Bol'shie ozera Kol'skogo poluoostrova [Large lakes of Kola Peninsula]. Leningrad, 1976. 364 p.

Letanskaya G. I. Fitoplankton i pervichnaya produktiya ozer Kol'skogo poluostrova [Phytoplankton and primary production of lakes of the Kola Peninsula]. *Ozera razlichnykh landshaftov Kol'skogo poluostrova* [Lakes of various landscapes of the Kola Peninsula]. Leningrad, 1974. Part 2. P. 78–119.

Makrushin A. V. Biologicheskii analiz kachestva vod [Biological analysis of water quality]. Leningrad, 1974. 60 p.

Martynov V. G. Atlanticheskii losos' (*Salmo salar*) na Severe Rossii [Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the North of Russia]. Ekaterinburg: UrO RAN. 2007. 414 p.

Mina M. V. Zadachi i metody izucheniya rosta v prirodnykh usloviyakh [Objectives and methods for studying growth in natural conditions]. *Sovremennye problemy ikhtiologii* [Modern problems of ichthyology]. Moscow: Nauka, 1981. P. 177–195.

Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh evropeiskoi chasti SSSR (plankton i bentos) [Key to freshwater invertebrates of the European part of the USSR (plankton and benthos)]. Eds. L. A. Kutikova, Ya. I. Starobogatov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 510 p.

Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. Eds. S. Ya. Tsalolikhina. Dvukrylye nasekomye. Vol. 4. St. Petersburg: Nauka, 2000. 997 p.

Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. Eds. S. Ya. Tsalolikhina. Vysshie nasekomye. Vol. 5. St. Petersburg: Nauka, 2001. 825 p.

Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. Pod obshch. red. S. Ya. Tsalolikhina. Mollyuski, Polikhety, Nemertiny. Vol. 6. St. Petersburg: Nauka, 2004. 528 p.

Pravdin I. F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guidelines for fish study]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1966. 456 p.

Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii [Guide to methods of hydrobiological analysis of surface water and bottom sediments]. V. A. Abakumov i dr. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 318 p.

Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii [Guide to methods of hydrobiological analysis of surface water and bottom sediments]. Ed. V. A. Abakumova. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 239 p.

Sharov A. N. Fitoplankton vodoemov Kol'skogo poluostrova [Phytoplankton in the water bodies of the Kola Peninsula]. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 2004. 113 p.

Sladchek V. Obshchaya biologicheskaya skhema kachestva vody. Sanitarnaya i tekhnicheskaya gidrobiologiya [General biological scheme of water quality. Sanitary and technical hydrobiology]. Moscow: Nauka, 1967. P. 26–31.

Smetanin M. M., Smetanina T. L., Shikhova N. M. O metodakh opredeleniya vozrasta ryb (obzor) [On methods for determining the fish age (review)]. *Biologiya vnutrennikh vod* [Inland water biology]. 2002. No 2. P. 15–19.

Syarki M. T. Organizatsiya pervichnykh gidrobiologicheskikh dannyykh (na primere bazy dannyykh po zooplanktonu Onezhskogo ozera) [Organization of the primary hydrobiological data (example of the database on zooplankton of Lake Onega)]. *Mezhd. Konf. Krupnye ozera – Ladozhskoe i Onezhskoe* [International conference. Large lakes – Ladoga and Onega]. Petrozavodsk, 1996. P. 159.

Vinogradova K. L., Gollerbach M. M., Zauer L. M., Sdobnikova N. V. Zelenye vodorosli, klassy sifonokladovye, sifonovye, krasnye vodorosli, burye vodorosli [Green algae, classes Sipkonocladineae, Siphonineae, red algae, brown algae]. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR* [Key to freshwater algae of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1980. Iss. 13. 248 p.

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

Determination of photosynthetic pigments in sea-water. Rep. of SCOP-UNESCO Working Group 17. Paris, UNESCO, 1966. P. 9–18.

Guiry, M. D. & Guiry, G. M. 2013. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.

Jeffrey W., Humphrey G. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls A, B, C and O₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol.* 1975. Vol. 167. P. 191–194.

Kashulin N. A., Terentyev P. M., Amundsen P. A., Dauvalter V. A., Sandimirov S. S., Kashulin A. N. Specific features of accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in two whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) morphs inhabiting the Inari–Pasvik lacustrine–riverine system. *Inland water biology*. 2011. Vol. 4, No 3. P. 383–392.

Kashulin N. A., Shirokov V. A., Sandimirov S. S., Shchurov I. L., Terent'ev P. M., Denisov D. B., Valkova S. A. Assessment of the habitat conditions for the freshwater pearl mussel *Margaritifera Margaritifera* (L.) in the headwaters of major rivers of Murmansk region. *Conservation of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* populations in Northern Europe*. Proceedings of the International Workshop. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS. 2010. P. 29–34.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae (Naviculaceae). Sübwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1986. B. 2. No 1. 876 s.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae). Subwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1988. B. 2, No 2. 596 s.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae (Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae). Sübwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1991. B. 2, No 3. 576 s.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae (Achnantheacea, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolate) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis). Sübwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1991. В. 2, No 4. 437 s.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas – und Wasserfach. 1955. 604 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Валькова Светлана Александровна

научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, г. Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209
эл. почта: valkova@inep.ksc.ru
тел.: 8(81555) 79774

Денисов Дмитрий Борисович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, г. Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209
эл. почта: denisow@inep.ksc.ru

Терентьев Петр Михайлович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, г. Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209
эл. почта: p_terentjev@inep.ksc.ru

Вандыш Оксана Ивановна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, г. Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209
эл. почта: vandysh@inep.ksc.ru

Кашулин Николай Александрович

зав. лабораторией, д. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН
мкр. Академгородок, 14а, г. Апатиты, Мурманская область, Россия, 184209
эл. почта: nikolay@inep.ksc.ru

Shannon C. E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.

Simpson E. H. Measurement of species diversity. Nature, 1949. P. 163–688.

Tikkanen T. Kasviplanctonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986. 279 p.

Received October 04, 2014

CONTRIBUTORS:

Valkova, Svetlana

Institute of the North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences
14A Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: valkova@inep.ksc.ru
tel.: 8(81555) 79774

Denisov, Dmitry

Institute of the North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences
14A Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: denisow@inep.ksc.ru

Terentyev, Petr

Institute of the North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences
14A Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: p_terentjev@inep.ksc.ru

Vandysh, Oksana

Institute of the North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences
14A Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: vandysh@inep.ksc.ru

Kashulin, Nikolay

Institute of the North Industrial Ecology Problems, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences
14A Akademgorodok, 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: nikolay@inep.ksc.ru