

УДК 574.58

Д. Б. Денисов, С. А. Валькова, Н. А. Кашулин

## Экологические особенности перифитона и зообентоса водных экосистем Хибинского горного массива (Кольский полуостров)

D. B. Denisov, S. A. Val'kova, N. A. Kashulin

## Ecological peculiarities of periphyton and zoobenthos of freshwater ecosystems of the Khibiny massif (the Kola Peninsula)

**Аннотация.** На примере водных экосистем Хибинского горного массива показаны различия в видовом составе и структуре сообществ фитоперифитона и зообентоса в зависимости от гидролого-геохимических факторов и уровня техногенной нагрузки. На базе бассейнового подхода проанализированы последствия воздействия стоков апатитового производства на водные экосистемы, выявлены основные факторы, определяющие условия существования гидробионтов в различных участках конкретного водосбора в зависимости от типа ландшафта, структуры речных долин, растительности и почв, а также гидролого-геохимических особенностей. Рассмотрены пути трансформации видового состава, численности и таксономического разнообразия гидробионтов в местах поступления сточных вод рудников, очистных сооружений и самоизливающихся скважин.

**Abstract.** Freshwater ecosystems of the Khibiny massif have been investigated. The differences in species composition and community structure of zoobenthos and algae periphyton have been revealed depending on the hydrological and geochemical factors as well as the level of anthropogenic impact. The apatite industries waste waters effects on aquatic ecosystems have been analyzed using the "basin approach"; the main factors of the aquatic organisms function in different parts of a particular watershed depending on the type of terrain, the structure of river valleys, vegetation and soil, as well as hydrological and geochemical features have been determined. The ways of transformation of species composition, abundance and taxonomic diversity of aquatic organisms in places of receipt of the apatite mines waters, sewage treatment plants, and flowing wells have been discussed.

**Ключевые слова:** Хибинский горный массив, фитоперифитон, зообентос, антропогенное загрязнение, апатитовое производство.  
**Key words:** the Khibiny massif, periphyton algae, zoobenthos, anthropogenic impact, apatite industries waste.

### Введение

Формирование качества вод малых субарктических водных объектов и функционирование их экосистем протекает в специфичных высокоширотных условиях. Особенностью территории Мурманской области является необычайно большое разнообразие водоемов, различающихся по генезису, ландшафтному положению, геологическому строению их водосборов, гидрологии и другим условиям. Наличие множества природно-ландшафтных комплексов со своим микроклиматом предопределяет существование разнотипных водоемов на сравнительно небольшой территории, что обуславливает значительную вариабельность естественно-природных показателей состояния их экосистем [1–3]. Индивидуальные условия формирования вод каждого водоема определяются особенностями локальных факторов: микроклиматических, батиметрических, гидрохимических, геоморфологических, ландшафтно-географических и др. В этом отношении наиболее показательны озерно-речные системы Хибинского горного массива, характеризующегося наличием целого спектра разнообразных ландшафтно-географических условий, включая как высотную поясность, так и особенности горных и предгорных микроландшафтов. Это позволяет выделить комплекс факторов, определяющих природные условия развития водных экосистем и оценить их уязвимость к техногенному загрязнению. Наилучшим образом получить представление о режиме современных природных процессов в субарктических водоемах позволяет применение бассейнового подхода на базе модельных водосборов озерно-речных систем, для чего могут быть использованы водные объекты Хибинского горного массива.

Апатито-нефелиновые месторождения Хибин относятся к крупнейшим в мире месторождениям фосфатного сырья. Их добыча и переработка началась в 20-х гг. прошлого столетия и повлекла за собой трансформацию всех природных комплексов в регионе, особенно водоемов и водотоков. В результате ведения горно-технических работ в природные воды поступают повышенные концентрации химических элементов и соединений, которые в ряде случаев приобретают токсичные свойства для водных организмов и человека. Исследованию последствий загрязнения для водных объектов Хибин посвящен ряд работ [4–8].

Большое значение имеет информация о происходящих на модельных водосборах процессах, определяющих качество вод. Для такой оценки может быть использована гидролого-гидрографическая, гидрохимическая и гидробиологическая информация, полученная на различных участках водотоков, а также информация о качестве подземных вод. В качестве надежного показателя, отражающего условия существования организмов в озерных и, особенно, экосистемах водотоков различного типа, являются гидробионты, в частности

сообщества фитоперифитона и макрозообентоса. Сообщества фитоперифитона предоставляют интегральную информацию благодаря прикреплению к субстрату и нахождению под действием факторов в течение определенного времени [9; 10]. Структурные и функциональные показатели бентосных сообществ используются в качестве критериев для оценки качества воды, а также сравнения состояния сообществ и экосистем при различных антропогенных воздействиях [11–16]. Зообентос как наиболее долгоживущий и стационарный компонент гидробиоценоза отражает состояние экосистемы за длительный период времени, характеризуя некий "средний" ее режим.

Несмотря на развернувшиеся исследования водорослей Арктики и Субарктики [17–19], информация о фитоперифитоне Хибинского массива отрывочна [6–8], также фрагментарны сведения о макрозообентосе [20].

Цель работы – оценить последствия воздействия стоков апатитового производства на водные экосистемы Хибинского горного массива и выявить основные факторы, определяющие условия существования гидробионтов в различных участках водотоков.

### Район, объекты и методы исследований

В качестве модельного водосбора был выбран бассейн оз. Большой Вудъявр (рис. 1). Площадь водосбора около 100 км<sup>2</sup>, включает в себя основные водотоки – Поачвумйок, Вудъяврйок, Кукисийок, Саамка, Юкспоррьок, Подъемная, Сентисйок и руч. Гакмана, их притоки и временные водотоки, озера – Длинное, Малый Вудъявр, Сентисъявр и Большой Вудъявр, в котором были исследованы различные участки акватории.

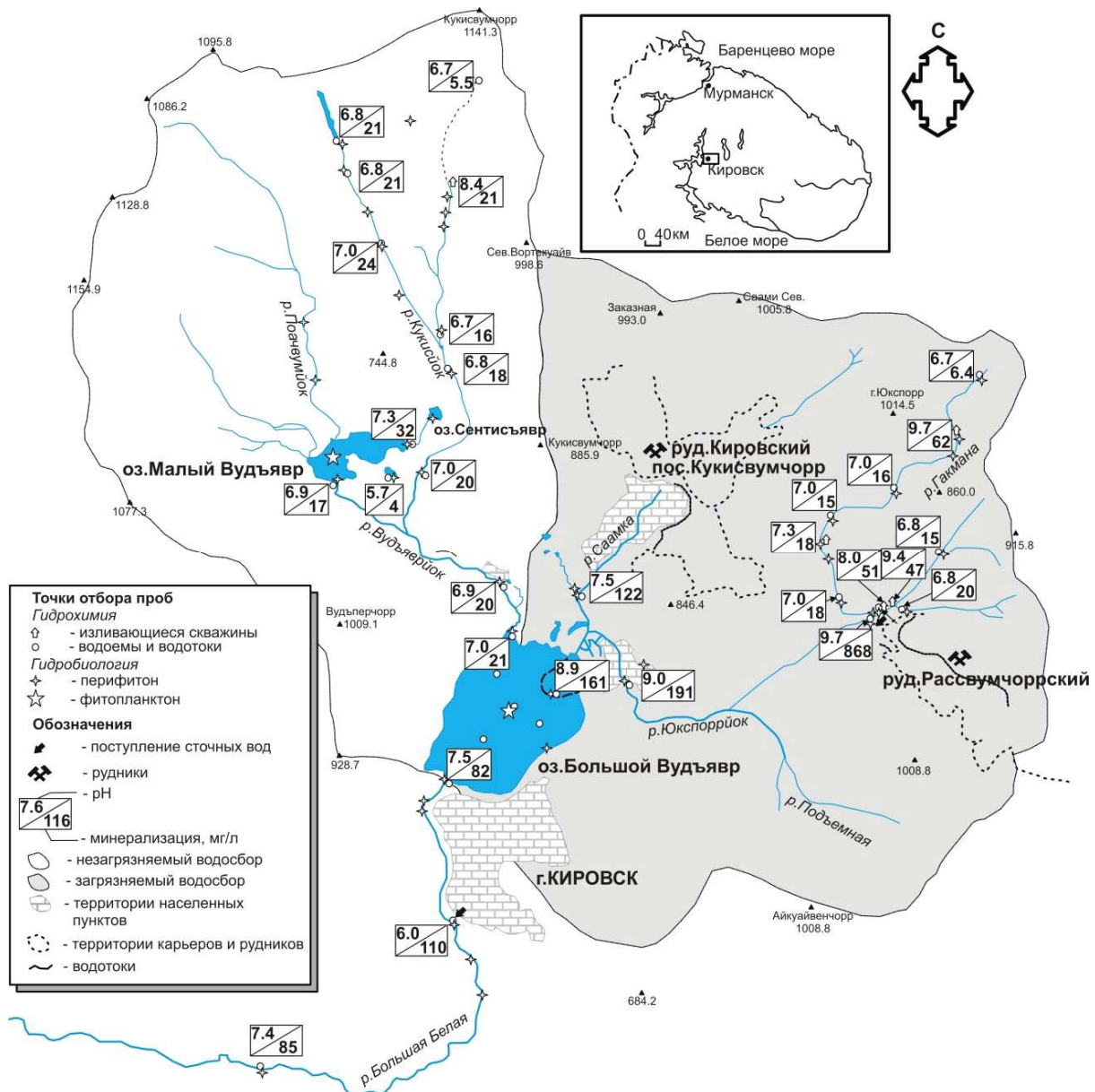


Рис. 1. Карта-схема водосборного бассейна оз. Б. Вудъявр, точки отбора проб и некоторые гидрохимические показатели

Основными факторами, определяющими гидрогеологические условия района, являются [21]:

- 1) обособленное, возвышающееся над окружающей равниной, положение массива;
- 2) значительно расчлененный рельеф и глубоко врезанная речная сеть;
- 3) близкое положение областей питания и разгрузки подземных вод;
- 4) влажный климат с повышенным количеством атмосферных осадков, малым испарением и благоприятными условиями для конденсации влаги;
- 5) хорошая обнаженность кристаллических пород и развитая трещинная тектоника.

Хибинский горный массив характеризуется наличием большого количества рек, ручьев, озер и болот, что обусловлено высоким количеством осадков при сравнительно малом испарении. Густота речной сети составляет  $2.3 \text{ км/км}^2$ . Истоками рек являются цирковые и перевальные озера или места слияния ручьев у подножья склонов. Средние скорости их течения  $0.4\text{--}0.6 \text{ м/с}$ , в периоды половодья – до  $2 \text{ м/с}$ . Ширина рек при выходе из массива достигает  $20 \text{ м}$  при глубине  $1\text{--}2 \text{ м}$  и наклоне русла  $0.5\text{--}1$ . Речная сеть Хибин характеризуется постоянным и сезонным режимами стока. Все лавные реки являются постоянными, а их притоки – сезонными, зимний сток в них отсутствует. Наибольшая часть стока рек Хибинского горного массива приходится на весенний снеговой сток ( $70\text{--}80 \%$ ), на долю дождевого и грунтового питания приходится  $10\text{--}15 \%$ . Деятельность рек в Хибинах выражается в сносе гравийно-песчаного материала, который откладывается на пологих участках, образует внутренние дельты в межпорожных понижениях. Хибинские реки характеризуются малой мутностью даже в период половодья.

Продолжительность ледостава составляет  $200\text{--}250$  дней, толщина льда к концу зимы может составлять  $50\text{--}120 \text{ см}$ . В зимний период происходит понижение уровня озер, когда сток из них продолжается, а приток падает в результате истощения запасов воды в питающих бассейнах. Некоторые мелкие водоемы, например оз. Сентисъявр, мелеют полностью, покрывавший их в начале зимы лед садится на дно. Климатические условия в регионе обуславливают олиготрофный характер водной среды: перманганатная окисляемость от  $2.2$  до  $15.2 \text{ мгл}^{-1}$ , бихроматная –  $6.0\text{--}28.2 \text{ мгл}^{-1}$ , содержание фосфатов от  $0$  до  $0.1 \text{ мгл}^{-1}$ , нитратов – от  $0$  до  $0.5 \text{ мгл}^{-1}$  [22]. В малых горных озерах, располагающихся в тундровой и лесотундровой зонах, преобладает аллохтонное органическое вещество. Щелочной состав пород Хибинского горного массива определяет качество формирования вод на водосборе [23].

Долины рек, а также их притоков, начинаются на отметках  $400\text{--}750 \text{ м}$  и с большим уклоном опускаются к приозерной низменностям оз. Большой Вудъявр. В верховьях речная сеть представлена временными водоприитоками с крупнозернистым песчаным, галечным и валунным материалом в русле. Ширина рек в верховьях составляет  $6\text{--}10 \text{ м}$ , в среднем течении до  $15 \text{ м}$ , скорости течения в паводок достигают  $2\text{--}3 \text{ м/сек}$ , в межень до  $0.8\text{--}1.0 \text{ м/сек}$ . В пределах Хибинского горного массива все реки имеют горный характер. Снижение скоростей течения рек Вудъяврйок, Саамской и Юкспорйок наблюдается в приозерной низменности озера Большой Вудъявр. Скорости течения этих рек колеблются в пределах  $0.3\text{--}0.7 \text{ м/сек}$ . Глубины рек Вудъяврйок, Саамской и Юкспорйок составляют  $0.5\text{--}1.0 \text{ м}$ , реже до  $2\text{--}3 \text{ м}$ , ширина русла до  $15 \text{ м}$ , высота берегов –  $0.5\text{--}0.7 \text{ м}$ . Питание рек и озер района в течение года смешанное (снеговое, дождевое и грунтовое). Причем в отдельные сезоны наблюдается различное сочетание видов питания. Наибольших величин сток достигает в весеннее половодье при интенсивном снеготаянии и одновременных ливневых осадках. Зимой питание рек происходит главным образом за счет подземного стока.

Наибольшие уровни на озерах и расходы на реках наблюдаются в весеннее половодье. Начинается оно обычно во второй половине мая и заканчивается в первой или второй половине июня. Подъем уровней, как правило, не превосходит  $1.5 \text{ м}$ . Летняя межень на реках выражена слабо. Обычно она неустойчива и осложнена дождевыми паводками с амплитудами до  $0.4\text{--}0.6 \text{ м}$ . Со второй половины августа начинается осенний подъем уровней [21].

Реки водосбора оз. Б. Вудъявр различаются по характеру русла, пойменных участков и долин, растительностью, наличием порогов, а также степенью техногенной нарушенности территории:

– *р. Поачвумйок*, впадающая в оз. М. Вудъявр, характеризуется наиболее пологим среди изученных рек положением долины, склоны которой в значительной степени террасированы. В приустьевом участке реки преобладает северотаежная растительность, в среднем течении – ивняк и березовое криволесье. Верхнее течение реки располагается в зоне кустарничковой и лишайниковой тундры. За исключением троп и грунтовой дороги антропогенная деятельность не выражена;

– *р. Кукисийок* является притоком р. Вудъяврйок, располагается в узкой долине среди окружающих ее высоких склонов гор, берет начало из оз. Длинное. В долине реки преобладает кустарничковая и лишайниковая тундра, а также каменистые грубообломочные осыпи в верхнем течении. Средняя часть долины наиболее полого, среди растительности развиваются ива и осоки, также ярко выражены низкие пойменные участки. Нижнее течение реки располагается в зоне березовых криволесий и северной тайги. Левый приток реки характеризуется подрусловым стоком. Антропогенное изменение ландшафта связано с наличием постоянно используемой грунтовой дороги, а также расположенного в зоне нижнего течения карьера;

– *р. Саамка* в верхнем течении напоминает р. Кукисийок, также выражен ивняк, кустарничковая и лишайниковая тундра в районе истока. Склоны долины менее крутые. Большая часть среднего и нижнего

течения реки проходит по территории рудника Кировский и пос. Кукисвумчорр, поэтому эта часть долины изменена карьерами и транспортной инфраструктурой. Река несет шахтные воды рудника и стоки поселка. Нижнее течение реки частично канализовано в пределах пос. Кукисвумчорр, устье реки открывается непосредственно в отстойник шахтных вод на акватории оз. Б. Вудъявр;

– долина *руч. Гакмана* в значительной степени отличается от других речных долин водосбора и характеризуется большой извилистостью, крутыми склонами и наличием порогов. В долине наблюдаются интенсивные процессы выветривания, проявляющиеся в наличии трещин, ущелий, слоистости коренных пород. Верхнее и среднее течение реки проходит в каменной долине, практически лишенной растительности, лишь в нижнем течении небольшую площадь занимают березовые криволесья и северо-таежный ландшафт. На склонах русла реки имеются глинистые отложения. Данные [24] свидетельствуют о водоснежных потоках в руч. Гакмана. Поэтому в ходе гидротехнических работ на территории руд. Рассвумчоррский русло ручья было изменено, а долина реки зарегулирована дамбой. Кроме того, в начале века в долине реки производилась добыча апатитовых руд, и в настоящее время на склонах можно наблюдать заброшенные выработки;

– *р. Юкспоррйок* в верхнем течении не изменена антропогенной деятельностью, долина ее сравнительно широка, развивается кустарничковая и лишайниковая растительность, а также березовое криволесье. Истоком реки служит маленький перевальный водоем, который вскрывается ото льда лишь в конце июля – августе. Среднее и нижнее течение реки располагается на территории рудника Рассвумчоррский и в значительной степени трансформировано антропогенной деятельностью. В реку непосредственно поступают шахтные воды. Устье реки также открывается в отстойник-накопитель в оз. Б. Вудъявр;

– *р. Белая* берет начало в оз. Б. Вудъявр и сбрасывает весь сток бассейна. Ее верхнее течение проходит на территории г. Кировска и принимает в себя сточные воды очистных сооружений. Река в значительной степени загрязнена не только стоками, но и бытовыми отходами.

Весь бассейн был условно поделен на "загрязняемый", где расположены рудники, карьеры и населенные пункты, и "незагрязняемый", где антропогенная деятельность ограничена наличием грунтовых дорог, и непосредственные источники загрязнения отсутствуют. Точки отбора проб (рис. 1) на водоемах и водотоках Хибин включали приустьевые участки и различные элементы русла (нижнее, среднее и верхнее течения), а также места поступления сточных вод и впадения притоков.

Гидрохимический анализ проб воды и содержание химических элементов в ДО был выполнен в аккредитованной химико-аналитической лаборатории ИППЭС КНЦ РАН [25; 26]. Отбор фитоперифитона осуществлялся в стеклянные емкости объемом 10–20 мл стандартными методами [19; 27; 28] с каменистого субстрата посредством металлического скребка, в озерах отбор проводился преимущественно на литоральной зоне. Таксономическая принадлежность и подсчет водорослей осуществлялась во временных препаратах с использованием микроскопов Leitz Biomed Tipe 020–507.010 и Carl Zeitz Jena NU 2E при увеличении до 1000X с применением иммерсионного объектива. Пробы перифитона по возможности анализировались в нефиксированном состоянии, в случае необходимости фиксация проводилась 30%-м раствором формалина. Для оценки качества вод использовалось соотношение основных отделов водорослей и показатели общего обилия по следующей шкале: 1 – единично (1–5 экз. в препарате), 2 – редко (10–15 экз. в препарате), 3 – нередко (25–30 экз. в препарате), 4 – часто (1 экз. в каждом ряду), 5 – очень часто (несколько экз. в каждом ряду), 6 – в массе (несколько экз. в каждом поле зрения) [29]. При анализе видового состава уделялось внимание таксонам-индикаторам с узкой экологической валентностью.

При определении видовой принадлежности водорослей и их экологических характеристик использовались различные литературные источники [30–36].

Отбор проб зообентоса осуществлялся дночерпателем Экмана-Берджа (площадью 1/40 м<sup>2</sup>) в профундальной зоне водоемов в 3-кратной повторности, на литорали отбирали только качественные пробы. Анализ бентосных проб проводили с использованием рекомендованных стандартных методик [28]. Определение беспозвоночных проводилось по определителям [37–39]. Биомасса бентосных беспозвоночных рассчитывалась по сырому весу. Трофический статус исследованных озер по сообществам гидробионтов определяли по классификации С. П. Китаева [40].

## Результаты и обсуждение

Пробы воды, отобранные из самоизливающихся буровых скважин (рис. 1), показали ярко выраженную щелочную реакцию подземных вод (рН 8.4–9.7), которую обеспечивают подстилающие породы щелочного состава. В оз. Купальное, имеющем в основном снеговое и дождевое питание и лишенном выраженного поверхностного стока, рН составляет 5.7, при минерализации 4.0 мг/л и нехарактерном порядке преобладающих ионов (SO<sub>4</sub>>Na>Cl>HCO<sub>3</sub>>K>Mg). Для остальных водных объектов порядок распределения преобладающих ионов одинаков (HCO<sub>3</sub>>Na>SO<sub>4</sub>>K>Ca>Cl>Mg) и определяется геохимическим фоном. Показатели рН водной среды в верховьях рек варьировали от 6.4 до 6.7, постепенно увеличиваясь вниз по течению рек до нейтрального показателя 7.0.

Минерализация воды в водотоках составляет около 20 мг/л, более высокие значения наблюдаются в водных объектах, принимающих промышленные и бытовые стоки – 191 мг/л в нижнем течении р. Юкспорйок, 160 мг/л в оз. Б. Вудъявр в пределах дамбы отстойника шахтных вод, до 118 мг/л на стоке из озера, 122 мг/л – в р. Саамка, 115 мг/л – в р. Б. Белая в среднем течении. Реакция водной среды в этих водных объектах смещена в сторону щелочной (7.5), но может достигать и более значительных показателей (9.4). В отсутствие прямого антропогенного воздействия наблюдается уменьшение концентрации нитрат-ионов и содержания общего азота в водной среде в пойменных участках рек, где интенсивно развивается водная растительность. На пойменных участках возрастает концентрация ионов алюминия, что можно объяснить наличием горизонта вымывания (иллювиального) в пойменных почвах. Характерной чертой для всех водотоков района исследований является очень низкое содержание ионов железа и марганца, в отличие от равнинных залесенных и заболоченных районов Мурманской области.

В ходе исследования фитоперифитона водосборного бассейна оз. Б. Вудъявр было обнаружено 195 таксонов водорослей, из которых Цианопрокaryota – 24; Bacillariophyceae – 115; Chlorophyta – 21; Charophyta – 27; Chrysophyceae – 5; Xanthophyceae – 2; Euglenophyta – 1. По числу видов наиболее многочисленными были диатомовые, по обилию (численности) – зеленые, харовые и золотистые (рис. 2).

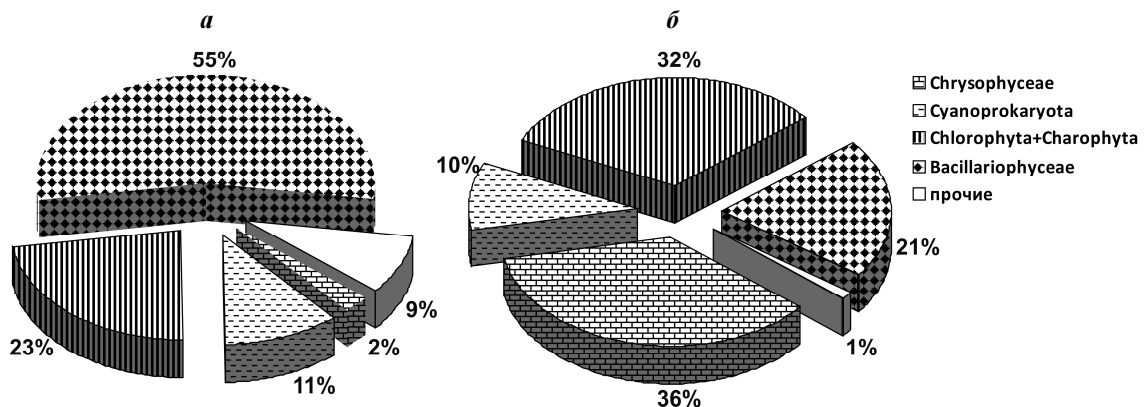


Рис. 2. Суммарное соотношение числа таксонов (а) и обилия (б) основных отделов водорослей в водных объектах Хибинского горного массива

Распределение перифитона на разных участках бассейна оз. Б. Вудъявр неравномерно, самые мощные обрастания обнаружены на стоке озера (исток р. Б. Белая), здесь интенсивное развитие фитоперифитона отмечено уже в середине марта; в притоке р. Саамка, воды которого формируются в болотистых понижениях подножья гора Кукисвумчорр; в местах самоизливающихся скважин долины руч. Гакмана и р. Юкспорйок, подземные воды которых характеризуются сравнительно высокой общей минерализацией (47–62 мг/л) и значениями рН (до 9.7). Самыми бедными оказались верховья рек, приток р. Кукисьок в районе карьера, литоральная зона оз. Длинное и оз. М. Вудъявр. Не обнаружен фитоперифитон в нижнем течении р. Саамка и на литорали технологического отстойника оз. Б. Вудъявр. Таким образом, перифитон слабо развивается в интенсивно загрязняемых водах с высоким содержанием взвеси (общая минерализация 161–868 мг/л), а также в обедненных минеральными элементами верховьях горных рек (5.5–6.4 мг/л).

Видовой состав, численность и таксономическое разнообразие альгофлоры коренным образом меняется в местах поступления сточных вод рудников и очистных сооружений. Так, в районе стоков очистных сооружений г. Кировска в р. Белая интенсивно развиваются сине-зеленые водоросли, характерные для эвтрофируемых вод с высоким содержанием органики, в то время как в самой реке основу обилия составляют диатомовые. Это подтверждается гидрохимическими данными: в стоках очистных сооружений концентрации азота и фосфора более чем в два раза выше, чем в реке.

Источником минерального питания перифитона могут быть элементы, поступающие в водную среду в процессе выветривания каменистых склонов речных долин (руч. Гакмана), а также подземные воды, попадающие в самоизливающиеся скважины. В долине руч. Гакмана золотистые водоросли в сентябре развиваются, начиная с истока и заканчивая местом впадения водотока в р. Юкспорйок. Особые условия формирования гидрохимии вод связаны с интенсивными процессами выветривания, что наблюдается на протяжении всей речной долины. Самоизливающиеся скважины характеризуются массовым развитием водорослей (до 500 тыс. кл/см<sup>2</sup>).

В пределах модельного водосбора оз. Б. Вудъявр наибольшим обилием перифитона (100–500 тыс. клеток на см<sup>2</sup>) характеризуются водоемы, загрязняемые фосфатами и стоками очистных сооружений г. Кировска: р. Белая и оз. Б. Вудъявр. Типичные представители, составляющие основу биомассы, – *Hannaea arcus* (Ehrb.) Patrick, *Ulothrix zonata* (Weber & Mohr) Kütz. Также обилён фитоперифитон в зонах самоизливающихся скважин, где господствует *U. zonata*. На примере притока р. Саамка показано, что наибольшим видовым разнообразием

характеризуются водотоки, берущие начало в болотистых участках, в которых может быть представлено 6 отделов водорослей. Установлено, что перифитон не развивается в водотоках с большим количеством взвеси (стоки Расвумчоррского рудника, нижнее течение р. Саамка), в условиях верховий некоторых рек (р. Кукисийок, р. Юкспоррийок), на литорали озер в половодье (оз. М. Вудьявр, Купальное). Специфические условия снежников и высокогорных временных луж содержат элементы минерального питания, достаточные для развития фитоперифитона, в частности, золотистых водорослей *Hydrurus foetidus* (Vill.) Trev.

*Сезонная динамика фитоперифитона.* Фитоперифитон обильно развивается в эвтрофируемых проточных водах в течение всего года. В период, когда озера покрыты льдом, обрастания обильно развиваются на стоке и свободных ото льда участках. Так, уже начиная с марта – апреля на стоке оз. Б. Вудьявр обильно развиваются зеленые нитчатые водоросли – *Ulothrix zonata*, образующие длинные космы, с которыми ассоциированы диатомовые – *Melosira lineata* (Dillw.) Agardh, *Fragilaria capucina*, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Comperè, *Hannaea arcus*. После вскрытия озера от льда свободная в июне от обрастаний литораль к началу июля полностью покрывается обильным перифитоном, формирующим экстремальную для Субарктики фитомассу. Основу этих обрастаний также составляет *U. zonata*, менее обильны различные диатомеи. Помимо указанных выше в сообществах перифитона многочисленны *Gomphonema acuminatum* Ehrb., + var. *coronatum* (Ehrb.) Ehrb., *Encyonema minutum* (Hilse) D.G.Mann и разнообразные представители порядка Fragilariales. Затем, в третьей декаде июля, обрастания практически полностью исчезают с литорали, возобновляется их развитие в конце лета – в августе и сентябре. Именно в этот период формируются наиболее устойчивые сообщества фитоперифитона. Доля диатомовых водорослей как по численности, так и по биомассе, в осеннем перифитоне намного выше, чем в весеннем и летнем. Развитие водорослей в эвтрофируемых водоемах продолжается до глубокой осени, некоторые представители обрастателей долгое время сохраняют свои жизненные функции под льдом.

Фитоперифитон олиготрофных проточных водоемов и водотоков также обильно развивается, начиная с апреля. На стоке горных олиготрофных озер, а также на свободных от льда участках рек и ручьев в массе развивается золотистая водоросль *Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan, причем покрытие субстрата может достигать 60–80 %. Затем, после вскрытия озер от льда, водоросли полностью исчезают с литорали и начинают вновь появляться в конце лета – августе и сентябре. В этот период массовым видом становятся харовые рода *Zygnema*.

Высокая прозрачность вод олиготрофных водоемов позволяет развиваться богатой флоре наилка и каменистого субстрата, представленной преимущественно диатомовыми водорослями на глубинах 10–15 м. Их рост на этих глубинах с разной степенью фотосинтетической активности происходит, очевидно, в течение всего года. В зависимости от подвижности уреза воды и типа субстрата, водоросли могут формировать как непрерывный слой обрастаний, что характерно, в первую очередь, для диатомовых водорослей, так и отдельные дерновинки, которыми растут зеленые и харовые водоросли. Многочисленные представители бентосных диатомей часто ассоциированы с верхним слоем иловых отложений и частицами детрита: диатомовые рода *Surirella*, десмидиевые родов *Cosmarium*, *Closterium*. Типичные реофильные обрастатели, требовательные к высокому содержанию кислорода, формируются в проточных озерах в районе стока. В конце лета (август – сентябрь) это, как правило, нитчатые харовые рода *Zygnema*, образующие плотные маты на каменистом субстрате пороговых участков рек и стоках проточных олиготрофных озер.

Значимым антропогенным фактором, стимулирующим развитие водорослей перифитона, является наличие самоизливающихся гидрогеологических скважин, воды которых имеют повышенные значения pH (до 8.0 и выше). В районе таких скважин нитчатые зеленые водоросли (*Ulothrix zonata*) обильно развиваются даже в холодное время года, когда они могут использовать лед в качестве субстрата.

*Макрзообентос.* Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация для развития зообентоса складывается в основном русле р. Саамка. В истоке реки, представляющем собой отстойник шахтных вод Кировского рудника, донная фауна не обнаружена в течение всего периода исследований. В верхнем и среднем течении река характеризуется высокой скоростью течения, каменистым дном и значительными колебаниями уровня воды по сезонам, что в совокупности с неблагоприятными гидрохимическими условиями оказывает негативное влияние на формирование зообентоса. Относительно устойчивые бентосные сообщества формируются в притоках р. Саамка, их основу составляют личинки комаров-звонцов, комаров-мокрецов и олигохеты, на долю которых приходится до 90 % от общей численности зообентоса, единично встречаются личинки комаров-долгоножек (*Tipulidae*), ручейники *Limnephilus sp.* и двусторчатые моллюски *Euglesa sp.*

В бассейне р. Белая обнаружено 18 видов и форм беспозвоночных, принадлежащих к 13 семействам: ручейники *Rhyacophilidae*, *Hydropsychidae*, *Limnephilidae* и *Phryganeidae* (*Rhyacophyla sp.*, *Hydropsyche sp.*, *Limnephilus sp.*, *Phryganea bipunctata* Retz.), поденки *Baetis rhodani* Pictet, 1843, веснянки *Nemouridae* (*Amphinemura borealis* Morton, 1894), жесткокрылые *Elmidae* (*Elmis latreille* L., 1798), *Chironomidae* (*Brillia sp.*, *Microspectra gr. paecox*, *Orthocladius (O.) oblidens*, *Orthocladius gr. saxosus*, *Prodiamesa gr. batyphila*, *Ablabesmyia sp.*, *Procladius sp.*), *Simuliidae*, *Bivalvia* (*Pisidium sp.*, *Euglesa sp.*), *Lymnaeidae* (*Limnaea ovata* L., 1758), *Glossiphoniidae* (*Glossiphonia complanata* L., 1758), *Tubificidae* (до вида н.о.) и *Hidracarina*.

В зоогеографическом плане основу макрозообентоса составляют виды, имеющие палеарктическое распространение, также представлены группы, имеющие голарктическое распространение, и космополиты. По отношению к трофическим условиям большинство обнаруженных видов являются олигосапробами, также встречаются эврибионты и ксеносапробы.

На перекатах в составе бентосных сообществ доминировали представители реофильных групп – хирономиды, среди которых наиболее многочисленны были *Orthocladius gr. saxosus*, ручейники, нимфы веснянок и личинки жесткокрылых *E. latreille*, единично отмечены двустворчатые *Euglesa sp.* и брюхоногие моллюски *L. ovata*. В плесовых участках на заиленных грунтах основу зообентоса формировали олигохеты, преимущественно п/сем. Tubificidae. Олигохетный индекс Гуднайта-Уитли составлял в среднем 32 %, увеличиваясь до 65 % на отдельных участках реки. Значения биотического индекса Ф. Вудивисса (в модификации В. А. Яковлева, 2005) на разных участках реки варьировал от 6 до 8 баллов. Присутствие в пробах нимф веснянок и поденок и относительно низкая доля олигохет свидетельствует о благоприятных условиях для донных беспозвоночных и низком уровне загрязнения водной среды.

В составе макрозообентоса рек, не подверженных загрязнению (Вудъяврйок, Поачъвумйок, Тахтарвумйок, Куна), зарегистрированы моллюски *Limnaea ovata*, *Euglesa sp.*, насекомые представлены отрядами Ephemeroptera (*Baetis rhodani*), Plecoptera (*Arcynopteryx compacta* McLachlan 1872), Trichoptera (*Rhyacophila sp.*, *Hydropsyche sp.*), Coleoptera (сем. Ditiscidae) и Diptera. Из двукрылых многочисленны Simuliidae и Chironomidae. Олигохеты встречались единично. Наибольшая численность и биомасса зообентоса отмечена в местах локального скопления личинок мошек (Simuliidae) на поверхности валунов (до 30 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 30 г/м<sup>2</sup>) и в зарослях зеленых нитчатых водорослей *Ulothrix zonata*, где преобладали личинки хирономид *Orthocladius sp.* и *Diamesa sp.* (до 10 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 15 г/м<sup>2</sup>). На участках с песчаным грунтом эти показатели значительно ниже – 100–150 экз./м<sup>2</sup> и 0,14–0,21 г/м<sup>2</sup>. На перекатах доминировали представители реофильных групп – поденки, веснянки, ручейники, личинки жесткокрылых. В плесовых участках на заиленных грунтах преобладали олигохеты.

### Заключение

Альгоценозы перифитона исследованных водных объектов характеризуются значительным видовым богатством, причем по числу видов доминируют диатомовые водоросли, а по обилию – диатомовые, харовые и золотистые.

Сезонные изменения в структуре сообществ перифитона проявляются в смене видового состава и численности водорослей. В олиготрофных водотоках развитие альгоценозов начинается в апреле, массовым видом является золотистая водоросль *Hydrurus foetidus*, а в конце гидробиологического лета (август и сентябрь) – харовая *Zygnema sp.* В загрязняемых стоками апатитового производства водных объектах (р. Белая, оз. Б. Вудъявр) фитоперифитон развивается во все сезоны, насколько позволяют световые условия, при этом основу биомассы весной и осенью составляют диатомовые водоросли, а в середине лета – зеленые (*Ulothrix zonata*). Проективное покрытие субстрата обрастаниями эвтрофируемых вод достигает 100 %.

Водоросли практически не развиваются в интенсивно загрязняемых стоками апатитового производства водотоках в условиях наличия большого количества минеральной взвеси.

Основу макрозообентоса исследованных речных систем формируют личинки амфибиотических насекомых, что характерно для рек региона. Большинство выявленных видов широко распространены и часто встречаются в реках. Соотношение групп и количественные характеристики зообентоса определяются особенностями речных грунтов, гидрологией речной системы и уровнем антропогенного загрязнения.

### Библиографический список

1. Летанская Г. И. Фитопланктон и первичная продукция озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. 2. С. 143–179.
2. Великорецкая И. И. Ландшафтная структура озерных районов Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Ч. I. Гидрология озер и характеристика их водосборов. Л., 1974. С. 21–49.
3. Природные условия Хибинского учебного полигона : учеб. пособие по практикам студентов-географов в Хибинах / под ред. С. М. Мягкова. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1986. 170 с.
4. Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область) / Н. А. Кашулин, Д. Б. Денисов, С. С. Сандимиров, В. А. Даувальтер, Т. Г. Кашулина, Д. Н. Малиновский, О. И. Вандыш, Б. П. Ильяшук, Л. П. Кудрявцева. Т. 1. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2008. 250 с.
5. Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область) / Н. А. Кашулин, Д. Б. Денисов, С. С. Сандимиров, В. А. Даувальтер, Т. Г. Кашулина, Д. Н. Малиновский, О. И. Вандыш, Б. П. Ильяшук, Л. П. Кудрявцева. Т. 2. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2009. 282 с.
6. Денисов Д. Б. Экологические особенности водорослевых сообществ разнотипных субарктических водоемов // Вестник КНЦ РАН. 2010. № 1. С. 48–55.

7. Современные тенденции изменения биоты пресноводных экосистем Мурманской области / Д. Б. Денисов, Н. А. Кашулин, П. М. Терентьев, С. А. Валькова // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, № 3. С. 525–538.
8. Экологические особенности малых ледниковых субарктических озер (Хибинский горный массив, Кольский полуостров) / Д. Б. Денисов, С. А. Валькова, П. М. Терентьев, А. А. Черепанов // Труды КарНЦ РАН. Сер. "Экологические исследования". 2015. № 2. С. 40–52.
9. Комулайнен С. Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2003. 43 с.
10. Комулайнен С. Ф. Таксономическое и структурное разнообразие речного перифитона // Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки природных вод. Ярославль, 1996. С. 47–49.
11. Балущкина Е. В. Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах. Л. : Наука, 1987. 179 с.
12. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
13. Безматерных Д. М., Кириллов В. В., Кириллова Т. В. Индикация экологического состояния водных объектов по составу и структуре биоценозов // Межрегиональный медико-экологический форум : сб. материалов. Барнаул, 2006. С. 75–79.
14. Wiederholm T. Use of benthos in lake monitoring // J. Water Pollut. Contr. Fed. 1980. V. 52. P. 537–547.
15. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates / Rosenberg D. M., Resh V. H. (Eds.). NY : Chapman and Hall, 1993. 488 p.
16. Зинченко Т. Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна средней и нижней Волги (Атлас). Тольятти : Кассандра, 2011. 258 с.
17. Генкал С. И., Семенова Л. А. Новые данные к флоре Bacillariophyta Обского Севера // Биология внутренних вод. 1999. № 1/3. С. 7–20.
18. Генкал С. И., Вехов Н. В. Диатомовые водоросли русской Арктики. М. : Наука, 2007. 64 с.
19. Библиография работ по водорослям Европейского Севера России (Республика Карелия, Мурманская область) / С. Ф. Комулайнен, Г. С. Антипина, И. Г. Вислянская, Т. А. Иешко, Г. Ц. Лак, Т. А. Чекрыжева, А. Н. Шаров, Т. С. Шелехова. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2006. 67 с.
20. Чертопруд М. В., Палатов Д. М. Реофильные сообщества макробентоса юго-западной части Кольского полуострова // Биология внутренних вод. 2013. № 4. С. 34–42.
21. Максимова Н. А. Отчет о результатах разведки подземных вод для водоснабжения г. Кировска Мурманской области за 1991–1998 гг. (с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1999 г.) // Фонды Комитета природных ресурсов по Мурман. обл. Мурманск, 1999. № 5270.
22. Драбкова В. Г. Зональное изменение интенсивности микробиологических процессов в озерах. Л., 1981. 212 с.
23. Арманд А. Д. Очерк формирования рельефа и четвертичных отложений Хибинских тундр // Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. I. Отдельный оттиск. Апатиты, 1960. 53 с.
24. Зюзин Ю. Л., Вахмистров Б. Б. Водоснежные потоки в Хибинах и меры защиты от них // Доклады III Международной конференции "Лавины и смежные вопросы". Апатиты, 2006. С. 148–157.
25. Руководство по методам химического анализа морских вод / под ред. С. Г. Орадовского. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 208 с.
26. Standard method for examination for water and wastewater / L. S. Clescerl (ed.). USA. 1975. 1195 p.
27. Макрушин А. В. Биоиндикация загрязнения внутренних водоемов // Биологические методы оценки природных вод. М. : Наука, 1984. С. 123–137.
28. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. СПб. : Гидрометиздат, 1992. 318 с.
29. Барина С. С., Медведева Л. А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток : Дальнаука, 1996. С. 364.
30. Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. ТельАвив : PiliesStudio, 2006. 498 с.
31. Определитель пресноводных водорослей СССР / под ред. М. М. Голлербах. М. ; Л. : АН СССР. 1951–1986. Т. 1–14.
32. Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Subwasserflora von Mitteleuropa. V. 2 (1–4). Stuttgart/Jena : Gustav Fisher Verlag, 1988–1991.
33. Tikkanen T. Kasviplanctonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986. 279 p.
34. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/1. Heidelberg & Berlin : Spektrum, Akademischer Verlag, 1999. 548 p.



35. Komárek J., Anagnostidis K. Цианопрокaryota. 2. Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/2. München : Elsevier, 2005. 759 p.
36. Komárek J., Anagnostidis K. Цианопрокaryota. 1. Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 19/1. Jena–Stuttgart–Lübeck–Ulm. : Gustav Fischer, 1998. 548 p.
37. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) / отв. ред. Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 510 с.
38. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под общ. ред. С. Я. Цалолихина. Т. 4. Двукрылые насекомые. СПб. : Наука, 2000. 997 с.
39. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под общ. ред. С. Я. Цалолихина Т. 5. Высшие насекомые. СПб. : Наука, 2001. 825 с.
40. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

## References

1. Letanskaya G. I. Fitoplankton i pervichnaya produktsiya ozer Kolskogo poluostrova [Phytoplankton primary production of lakes of the Kola Peninsula] // Oзера razlichnyh landshaftov Kolskogo poluostrova. L., 1974. Ch. 2. P. 143–179.
2. Velikoretskaya I. I. Landshaftnaya struktura ozernykh rayonov Kolskogo poluostrova [Landscape structure of the lake areas of the Kola Peninsula] // Oзера razlichnyh landshaftov Kolskogo poluostrova. Ch. I. Gidrologiya ozer i harakteristika ih vodosborov. L., 1974. P. 21–49.
3. Prirodnye usloviya Hibinskogo uchebnogo poligona [Environmental conditions of the Khibiny training ground] : ucheb. posobie po praktikam studentov-geografov v Hibinakh / pod red. S. M. Myagkova. M. : Izd-vo Mosk. un-ta, 1986. 170 p.
4. Antropogennye izmeneniya vodnykh sistem Hibinskogo gornogo massiva (Murmanskaya oblast) [Anthropogenic changes in water systems of the Khibiny massif (Murmansk region)] / N. A. Kashulin, D. B. Denisov, S. S. Sandimirov, V. A. Dauvalter, T. G. Kashulina, D. N. Malinovskiy, O. I. Vandysh, B. P. Ilyashuk, L. P. Kudryavtseva. T. 1. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2008. 250 p.
5. Antropogennye izmeneniya vodnykh sistem Hibinskogo gornogo massiva (Murmanskaya oblast) [Anthropogenic changes in water systems of the Khibiny massif (Murmansk region)] / N. A. Kashulin, D. B. Denisov, S. S. Sandimirov, V. A. Dauvalter, T. G. Kashulina, D. N. Malinovskiy, O. I. Vandysh, B. P. Ilyashuk, L. P. Kudryavtseva. T. 2. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2009. 282 p.
6. Denisov D. B. Ekologicheskie osobennosti vodoroslevykh soobshchestv raznotipnykh subarkticheskikh vodoemov [Ecological features of algal communities of diverse subarctic waters] // Vestnik KNTs RAN. 2010. N 1. P. 48–55.
7. Sovremennyye tendentsii izmeneniya bioty presnovodnykh ekosistem Murmanskoy oblasti [Modern trends of the freshwater ecosystems biota in the Murmansk region] / D. B. Denisov, N. A. Kashulin, P. M. Terentev, S. A. Valkova // Vestnik MGTU. 2009. V. 12, N 3. P. 525–538.
8. Ekologicheskie osobennosti malyykh lednikovyykh subarkticheskikh ozer (Hibinskiy gornyy massiv, Kolskiy poluostrov) [Ecological features of small sub-Arctic glacial lakes (the Khibiny Massif, Kola Peninsula)] / D. B. Denisov, S. A. Valkova, P. M. Terentev, A. A. Cherepanov // Trudy KarNTs RAN. Ser. "Ekologicheskie issledovaniya". 2015. N 2. P. 40–52.
9. Komulaynen S. F. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu fitoperifitona v malyykh rekakh [Guidelines for the study phytoperiphyton in small rivers]. Petrozavodsk : KarNTs RAN, 2003. 43 p.
10. Komulaynen S. F. Taksonomicheskoe i strukturnoe raznoobrazie rechnogo perifitona [Taxonomic and structural diversity of river periphyton] // Ekologo-fiziologicheskie issledovaniya vodorosley i ih znachenie dlya otsenki prirodnykh vod. Yaroslavl, 1996. P. 47–49.
11. Balushkina E. V. Funktsionalnoe znachenie lichinok hironomid v kontinentalnykh vodoemakh [The functional significance of chironomid larvae in inland waters]. L. : Nauka, 1987. 179 p.
12. Bakanov A. I. Ispolzovanie zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoemov [Using zoobenthos in the freshwater monitoring] // Biologiya vnutrennykh vod. 2000. N 1. P. 68–82.
13. Bezmaternyy D. M., Kirillov V. V., Kirillova T. V. Indikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob'ektov po sostavu i strukture biotsenozov [Indication of the ecological status of water bodies on the composition and structure of the biocenosis] // Mezhhregionalnyi mediko-ekologicheskii forum : sb. materialov. Barnaul, 2006. P. 75–79.
14. Wiederholm T. Use of benthos in lake monitoring // J. Water Pollut. Contr. Fed. 1980. V. 52. P. 537–547.
15. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates / Rosenberg D. M., Resh V. H. (Eds.). NY : Chapman and Hall, 1993. 488 p.
16. Zinchenko T. D. Ekologo-faunisticheskaya harakteristika hironomid (Diptera, Chironomidae) malyykh rek basseyna sredney i nizhney Volgi (Atlas) [Ecological-faunistic characteristic of chironomids (Diptera, Chironomidae) of small river basin middle and lower Volga (Atlas)]. Tolyatti : Kassandra, 2011. 258 p.

17. Genkal S. I., Semenova L. A. Novye dannye k flore Bacillariophyta Obskogo Severa [New data to the flora of the Ob North Bacillariophyta] // *Biologiya vnutrennih vod*. 1999. N 1/3. P. 7–20.
18. Genkal S. I., Vehov N. V. Diatomovye vodorosli russkoy Arktiki [Diatoms of the Russian Arctic]. M. : Nauka, 2007. 64 p.
19. Bibliografiya rabot po vodoroslyam Evropeyskogo Severa Rossii (Respublika Kareliya, Murmanskaya oblast) [The bibliography of algae papers of the European North of Russia (Republic of Karelia, Murmansk region)] / S. F. Komulainen, G. S. Antipina, I. G. Vislyanskaya, T. A. Ieshko, G. Ts. Lak, T. A. Chekryzheva, A. N. Sharov, T. S. Shelehova. Petrozavodsk : KarNTs RAN, 2006. 67 p.
20. Chertoprud M. V., Palatov D. M. Reofilnye soobshchestva makrobentosa yugo-zapadnoy chasti Kolskogo poluostrova [Rheophilic macrobenthos community south-western part of the Kola Peninsula] // *Biologiya vnutrennih vod*. 2013. N 4. P. 34–42.
21. Maksimova N. A. Otchet o rezultatah razvedki podzemnykh vod dlya vodosnabzheniya g. Kirovskaya Murmanskoy oblasti za 1991–1998 gg. (s podschetom zapasov po sostoyaniyu na 01.01.1999 g.) [The report of the results of groundwater exploration for water supply of the Kirovsk town, Murmansk region for the period of 1991–1998 (with estimated reserves as of 01.01.1999)] // *Fondy Komiteta prirodnkh resursov po Murm. obl. Murmansk*, 1999. N 5270.
22. Drabkova V. G. Zonalnoe izmenenie intensivnosti mikrobiologicheskikh protsessov v ozerakh [Zone change in the intensity of microbiological processes in lakes]. L., 1981. 212 p.
23. Armand A. D. Ocherk formirovaniya relefa i chetvertichnykh otlozheniy Hibinskiy tundra [Sketch of relief formation and the Quaternary deposits of the Khibiny tundra] // *Voprosy geomorfologii i geologii osadochnogo pokrova Kolskogo poluostrova*. I. Otdelnyy ottisk. Apatity, 1960. 53 p.
24. Zyuzin Yu. L., Vahmistrov B. B. Vodosnezhnye potoki v Hibinakh i mery zaschity ot nih [Water-snow flows in Khibiny and protective measures] // *Doklady III Mezhdunarodnoy konferentsii "Laviny i smezhnye voprosy"*. Apatity, 2006. P. 148–157.
25. Rukovodstvo po metodam himicheskogo analiza morskikh vod [Guidance on methods of chemical analysis of sea water] / pod red. S. G. Oradovskogo. L. : Gidrometeoizdat, 1977. 208 p.
26. Standard method for examination for water and wastewater / L. S. Clescerl (ed.). USA. 1975. 1195 p.
27. Makrushin A. V. Bioindikatsiya zagryazneniya vnutrennih vodoemov [Bioindication of the inland water bodies pollution] // *Biologicheskie metody otsenki prirodnkh vod*. M. : Nauka, 1984. P. 123–137.
28. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems] / pod red. V. A. Abakumova. SPb. : Gidrometizdat, 1992. 318 p.
29. Barinova S. S., Medvedeva L. A. Atlas vodorosley-indikatorov saprobnosti (rossiyskiy Dalniy Vostok) [Atlas of the algae saprobity indicator (Russian Far East)]. Vladivostok : Dalnauka, 1996. P. 364.
30. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodorosley-indikatorov okruzhayushey sredy [Biodiversity of the algae – environmental indicators]. TelAviv : PiliesStudio, 2006. 498 p.
31. Opredelitel presnovodnykh vodorosley SSSR [Key to freshwater algae USSR] / pod red. M. M. Gollerbah. M. ; L. : AN SSSR. 1951–1986. V. 1–14.
32. Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Subwasserflora von Mitteleuropa. V. 2 (1–4). Stuttgart/Jena : Gustav Fisher Verlag, 1988–1991.
33. Tikkanen T. Kasviplanctonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986. 279 p.
34. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 19/1. Heidelberg & Berlin : Spektrum, Akademischer Verlag, 1999. 548 p.
35. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 19/2. München : Elsevier, 2005. 759 p.
36. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Band 19/1. Jena–Stuttgart–Lübeck–Ulm. : Gustav Fischer, 1998. 548 p.
37. Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh evropeyskoy chasti SSSR (plankton i bentos) [Key to freshwater invertebrates of the European part of the USSR (plankton and benthos)] / otv. red. Kutikova L. A., Starobogatov Ya. I. L. : Gidrometeoizdat, 1977. 510 p.
38. Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territoriy [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent areas] / pod obsch. red. S. Ya. Tsalolihina. T. 4. Dvukrylye nasekomye. SPb. : Nauka, 2000. 997 p.
39. Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territoriy [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent areas] / pod obsch. red. S. Ya. Tsalolihina. T. 5. Vysshie nasekomye. SPb. : Nauka, 2001. 825 p.
40. Kitaev S. P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtiologov [Basics of limnology for hydrobiology and ichthyology]. Petrozavodsk : KarNTs RAN, 2007. 395 p.

**Сведения об авторах**

**Денисов Дмитрий Борисович** – Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник; e-mail: denisow@inep.ksc.ru

**Denisov D. B.** – Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Cand. of Biol. Sci., Senior Researcher; e-mail: denisow@inep.ksc.ru

**Валькова Светлана Александровна** – Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, канд. биол. наук, науч. сотрудник; e-mail: valkova@inep.ksc.ru

**Val'kova S. A.** – Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Cand. of Biol. Sci., Researcher; e-mail: valkova@inep.ksc.ru

**Кашулин Николай Александрович** – Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, д-р биол. наук, зав. лабораторией; e-mail: nikolay@inep.ksc.ru

**Kashulin N. A.** – Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS, Dr of Biol. Sci., Head of Laboratory; e-mail: nikolay@inep.ksc.ru