

**ДИАТОМОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ оз. ЩУЧЬЕ  
(Хибинский горный массив, Кольский п-ов)**

А.Л. Косова\*, Д.Б. Денисов\*

\*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН  
(Мурманская обл., г. Апатиты)

Представлены результаты исследования диатомовых комплексов современных донных отложений малого озера Щучье (Хибинский горный массив, Кольский п-ов). В исследованном интервале донных отложений оз. Щучье обнаружено 218 видов и разновидностей диатомовых водорослей, относящихся к 44 родам. Преобладающими таксонами являются *Aulacoseira valida* (Grun.) Kramm (до 25 %), *A. subarctica* (O. Müll.) Haworth (до 24 %), *Staurosira venter* (Ehrenberg) H. Kobayasi (до 17 %), *S. construens* Ehrenberg (до 16 %), *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams & Round (до 15 %), *A. alpigena* (Grunow) Krammer (до 13 %), *Brachysira brebissonii* R. Ross (до 10 %). Эколого-географический анализ диатомовых комплексов выявил в исследуемом озере среди таксонов с известным географическим распределением преобладание космополитов, по типу местообитания – бентосных форм. По отношению к рН доминируют обитатели слабощелочных вод (алкалифилы и алкалибионты), по отношению к солености воды – виды-индифференты. Обнаружены изменения в структуре диатомовых комплексов, отражающие процессы, происходящие на водосборной площади. Так, по отношению к местообитанию с горизонта 3-4 см отмечено значительное увеличение доли планктонных форм; в современном слое их доля достигает 51,2 %, что указывает на повышение уровня воды в озере. Выявлено упрощение структуры диатомовых комплексов, сопровождающееся резким снижением индекса Шеннона–Уивера. Доминирующий комплекс представлен алкалибионтными (*Aulacoseira subarctica* и *A. valida*) и алькалифильным (*Staurosira construens*) таксонами. Полностью исчез ацидофильный бентосный вид *Brachysira brebissonii*, представители рода *Eunotia* встречаются единично. Нелинейная динамика рН является, с одной стороны, косвенным свидетельством климатических изменений в сторону потепления и тренда на увеличение трофического статуса озера, с другой – свидетельством антропогенного влияния.

**Ключевые слова:** диатомовый анализ, поверхностные донные отложения, палеоэкологическая реконструкция, субарктический водоем.

---

**Контактное лицо:** Косова Анна Львовна, адрес: 184209, Мурманская область, г. Апатиты, микрорайон Академгородок, д. 14а; e-mail: annkosova1976@yandex.ru

**Для цитирования:** Косова А.Л., Денисов Д.Б. Диатомовые комплексы донных отложений оз. Щучье (Хибинский горный массив, Кольский п-ов) // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17, № 3. С. 212–221. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.3.212

В современной науке одним из основных направлений по оценке динамики региональных и глобальных изменений среды является палеоэкологическая реконструкция исторического прошлого экосистем. Изменения диатомовых комплексов, их видового состава и структуры – надежный и чувствительный индикатор всех происходящих в озере изменений [1, с. 127]. Палеоэкологические реконструкции по составу диатомовых комплексов данных отложений (ДО), реагирующих на малейшие изменения среды, позволяют проследить эволюцию водоемов и их водосборных площадей, реакцию на изменения климата и окружающей среды, антропогенное загрязнение, реконструировать ряд гидрохимических параметров [2, с. 151].

Цель настоящей работы – выявление особенностей структуры диатомовых комплексов в поверхностных ДО субарктического малого горного озера и установление этапов и тенденций его развития за период накопления осадков.

### Материалы и методы

**Описание района исследования.** Озеро Щучье расположено в северной части Хибинского горного массива (Кольский п-ов), принадлежит бассейну оз. Имандра (рис. 1). Это малое (площадь 0,30 км<sup>2</sup>), по форме близкое к округлому озеро ледникового происхождения. Наибольшая длина озера 0,76 км, наибольшая ширина – 0,55 км. Общая площадь водосбора озера составляет 1,9 км<sup>2</sup>. Абсолютная отметка уровня воды 208,3 м. Территория водосборной площади по типу ландшафта относится к лесотундровой и тундровой зонам с высотами до 593,8 м. Берега озера невысокие, каменистые, местами встречаются заболоченные участки. В прибрежной зоне озера распространены песчаные пляжи и валунные отложения. Озеро Щучье соединено протокой с оз. Гольцовое [3, с. 32].

Район исследования подвержен значительному влиянию выбросов комбинатов «Северо-

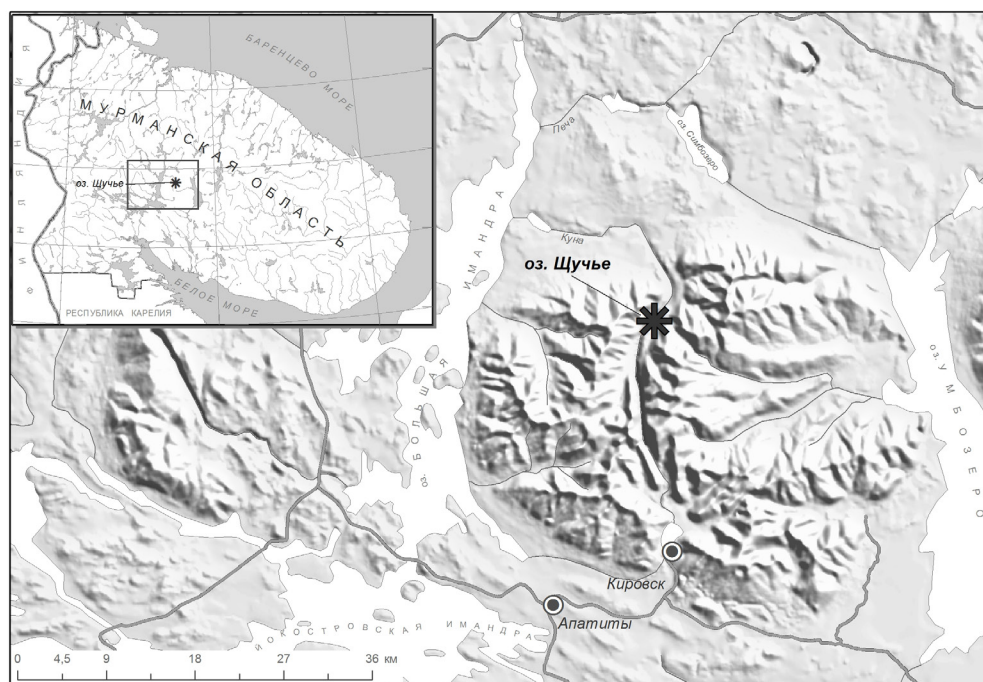


Рис. 1. Карта-схема расположения оз. Щучье

никель» и «Апатит», а также дальнему атмосферному переносу поллютантов.

Основные современные гидрологические и гидрохимические характеристики оз. Щучье: координаты – 67°50'18,8" с. ш., 33°40'24,5" в. д.; средняя глубина 1,5 м, максимальная – 3 м; средняя кислотность (рН) 7,18 (6,98–7,4); электропроводность при 20 °С – 38 мкСм/см; щелочность 282 мкэкв/л; содержание органического вещества 2,1 мг С/л; содержание общего фосфора – 17,3 мкг/л, общего азота – 292 мкг/л, кремния – 2,3 мг/л.

**Отбор проб и их анализ.** Материалом исследования послужили поверхностные ДО оз. Щучье, изученные с помощью диатомового анализа. Колонку ДО мощностью 20 см получали с помощью пробоотборника открытого гравитационного типа (внутренний диаметр трубки 44 мм) с автоматически закрывающейся диафрагмой [4] и ненарушенной транспортировали в лабораторию. Диатомовый анализ ДО проводили по стандартной общепринятой методике [1, 5], по схеме, используемой в Институте проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН [6]. Колонку разделяли на слои мощностью 1 см. Все обнаруженные в препаратах створки водорослей определяли, по возможности, до внутривидовых таксономических категорий по определителям [7–10], номенклатуру приводили согласно международной альгологической базе данных<sup>1</sup>. Подсчет и таксономическую идентификацию диатомей осуществляли с использованием светового микроскопа «Wild Leitz GMBH» (Type 020-507.010) при увеличении в 1000 раз, с применением иммерсионного объектива.

**Методы диатомового анализа.** Дальнейший анализ включал послойное исследование таксономической структуры диатомовых комплексов, выявление относительной численности (%) доминирующих видов и расчет общей

численности створок в отложениях. Видовое разнообразие оценивали с помощью индекса Шеннона–Уивера ( $H'$ , бит/экз.).

На основе изучения диатомовых комплексов методами биоиндикации реконструировали параметры среды: галобность, активную реакцию среды (рН) и колебания уровня воды в озере.

Проводили анализ толерантности обнаруженных таксонов по отношению к рН, вычисляли интегральное значение рН для каждого слоя отложений методом Т.И. Моисеенко, Л.В. Разумовского [11], по следующей формуле:  $pH = \sum ph_i \cdot k / \sum k$ , где  $ph_i$  – индивидуальное значение рН для каждого таксона-индикатора;  $k$  – показатель обилия (может быть выражено в баллах или значениями численности). В данной работе в качестве показателя  $k$  применяли значения численности каждого индикаторного таксона. Вычисляли суммарный индекс сапробности комплекса, как показатель присутствия биогенных элементов и косвенный индикатор трофического статуса озера на основе стандартных методов<sup>2</sup>.

В анализе использовали данные об экологии отдельных таксонов водорослей: отношение к рН, солености, местообитанию, а также биогеографическая приуроченность [12, 13].

#### Результаты и обсуждение

**Видовой состав и биоиндикация.** Всего в колонке мощностью 20 см обнаружено 218 таксонов диатомовых водорослей рангом ниже рода. В 44 выявленных родах наибольшего таксономического разнообразия достигают представители родов *Eunotia* (22), *Pinnularia* (18), *Cymbella* (15). Преобладающими таксонами являются *Aulacoseira valida* (Grun.) Kramm (до 25 %), *A. subarctica* (O. Müll.) Haworth (до 24 %), *Staurosira venter* (Ehrenberg) H. Kobayasi (до 17 %), *S. construens* Ehrenberg (до 16 %), *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow)

<sup>1</sup>International Algological Database Guiry & Guiry. URL: <http://www.algaebase.org/content/> (дата обращения: 15.04.2016).

<sup>2</sup>Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток, 1996. С. 364.

D.M. Williams & Round (до 15 %), *A. alpigena* (Grunow) Krammer (до 13 %), *Brachysira brebissonii* R. Ross (до 10 %).

Отмечены перестройки в составе и структуре диатомовых комплексов по направлению от нижних слоев к верхним. В наиболее древнем слое колонки ДО (19–20 см) массовыми видами являются планктонные центрические формы *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen (12,1 %) и *A. subarctica* (8,3 %), а также планктонно-бентосные виды рода *Staurosira* – *S. construens*, *S. venter* (9,9 %), *Pseudostaurosira brevistriata* (5,7 %) и *Tabellaria flocculosa* (9,8 %). Выше по профилю колонки ДО относительная численность холодолюбивого вида *Aulacoseira distans* снижается до полного исчезновения в слое 6–7 см. Доля арктоальпийского вида *Aulacoseira subarctica* на протяжении колонки изменяется значительно (от 0,36 до 16,4 %), в интервале 0–4 см вид занимает позицию доминанта (24 %) наряду с *Aulacoseira valida*. Наблюдается изменение относительной численности вида *Pseudostaurosira brevistriata* вверх по профилю колонки: в слое 17–18 см он становится доминантным таксоном (до 15,6 %), выше его относительная численность снижается, а после слоя 8–9 см вид встречается единично. В интервале 6–16 см достигает значительной относительной численности олиготрофный вид *Aulacoseira alpigena* (13 %). На протяжении всей колонки массовым является вид *Brachysira brebissonii* – характерный представитель олиготрофных низкоминерализованных вод, предпочитающий значения pH менее 7,0. Максимального значения относительной численности вид достигает в слое 6–7 см (10,6 %), выше по колонке его относительная численность постепенно снижается, и в верхнем слое вид исчезает. Практически по всему профилю колонки единично встречается *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt – характерный вид-индикатор холодноводных ультраолиготрофных условий. В верхнем слое колонки обращает на себя внимание довольно высокая встречаемость уродливых форм створок диатомовых водорослей, характеризу-

ющихся деформацией формы панциря. Обнаружены тератологические изменения формы створок следующих родов диатомовых водорослей: *Fragilaria*, *Navicula*, *Pinnularia*.

Наблюдаются изменения общего обилия диатомей ( $N_0$ ), выраженного числом экземпляров в граммах сухого вещества отложений. Значительное увеличение  $N_0$  отмечено в средних слоях колонки ДО (15–16 и 12–13 см). Резкий рост  $N_0$  выявлен в верхних молодых слоях ДО (0–2 см) – с 23 до 66 млн экз./г сухого вещества.

Анализ экологических групп диатомей по отношению к местообитанию показал, что за период накопления исследованной толщи ДО в озере доминировали бентосные и планктонно-бентосные формы диатомей (рис. 2а, см. с. 216), что характерно для мелководных водоемов. Доля планктонных форм варьирует в диапазоне от 6,9 до 51,2 %. Существенное изменение в соотношении групп диатомей отмечается начиная с горизонта 3–4 см: наблюдается значительное увеличение доли планктонных форм, в современном слое она достигает 51,2 %.

В водоеме на протяжении всего изученного периода развития господствовала олигогалобная диатомовая флора, причем основную массу составляли индифференты (58–86 %). Доля галофобов варьировала от 8,78 до 28,38 %, максимальные значения зафиксированы в слоях 3–7 см колонки ДО (рис. 2б). Озеро не претерпело выраженных изменений минерализации и соответствует фоновым ультрапресным водоемам Хибинского горного массива [5, с. 44]. Существующие незначительные изменения могут объясняться естественной динамикой.

По отношению к pH в ДО практически во всех слоях преобладают алкалофилы и алкалобионты (рис. 2в), кроме слоев 12–13 см, 4–6 см, где отмечалось увеличение доли ацидофилов и индифферентов. В верхнем слое доля алкалобионтов достигает 50 %. Следовательно, диатомовые водоросли развивались в условиях щелочной и слабощелочной среды.

По биогеографической приуроченности диатомовые комплексы исследованных ДО

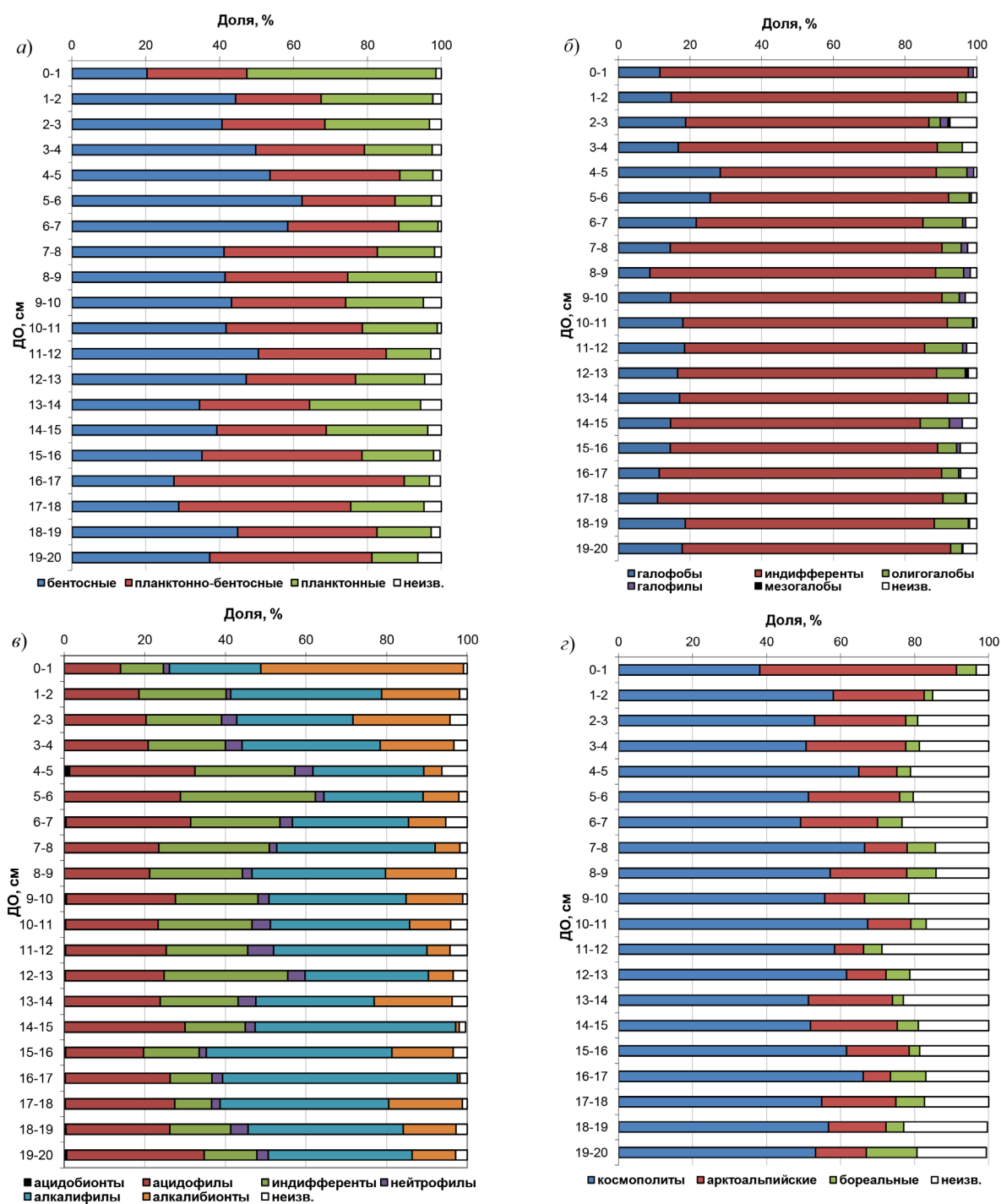


Рис. 2. Эколого-географическая характеристика диатомовых комплексов донных отложений оз. Щучье: а – приуроченность к местообитанию; б – отношение к солености; в – отношение к pH; г – биогеографическая приуроченность

характеризуются доминированием видов-космополитов. Доля арктоальпийских видов в интервале колонки 5–20 см изменяется от 7,43 до 24,6 %. Начиная с 4–5 см и выше по профилю ДО доля арктоальпийских видов увеличивается и в современном слое достигает 53 %. Доля бореальных видов варьирует от 2,27 до 13,69 %, достигая наибольшего значения в слоях 19–20 см и 9–10 см (рис. 2).

Индекс сапробности ( $S$ ) был использован в качестве косвенного показателя изменения уровня трофии озера. В исследованном периоде развития водоема можно выделить два этапа. В интервале 3–20 см, кроме слоя 14–15 см, значения индекса (1,11–1,46) соответствуют олигосапробной зоне. Выше по колонке ДО индекс сапробности увеличивается и в современном слое достигает значения 1,87, что соответствует  $\beta$ -мезосапробной зоне (рис. 3).

Реконструированные по диатомовым комплексам значения рН изменяются в диапазоне

7,01–7,55 и демонстрируют тренд к повышению по направлению к поверхностным слоям отложений. В нижних слоях колонки (15–20 см) отмечен рост рН с 7,11 до 7,28; далее, по направлению к верхним слоям ДО, значения колеблются от 7,2 до 7,09, после чего в интервале 4–8 см происходит снижение рН, и на горизонте 4–5 см показатель достигает минимума за весь исследованный период (7,01). Возможно, это связано с процессами обмеления, заболачивания, увеличение доли ацидофильных донных форм и обрастателей в этот период является тому подтверждением. В поверхностных слоях выявлено резкое повышение рН, и в слое 0–1 см значение рН составляет 7,55.

По направлению от нижних слоев к верхним показатель видового разнообразия диатомей ( $H'$ ) в интервале 12–19 см изменяется от 2,99 до 3,56. В верхнем слое наблюдается резкое снижение  $H'$  до 2,3, что указывает на изменение гидрохимических условий в водоеме.

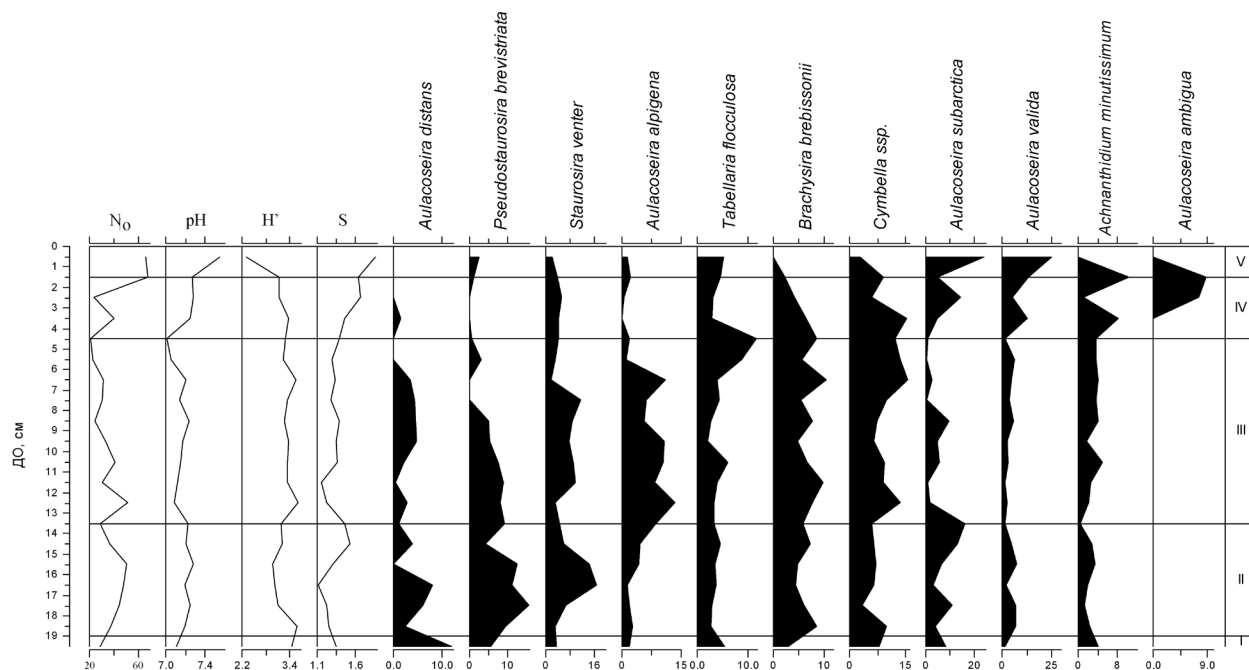


Рис. 3. Динамика некоторых показателей диатомовых комплексов в донных отложениях оз. Щучье:  $N_0$  – численность створок диатомей, млн экз./г сухого вещества; рН – значения активной реакции воды, реконструированные по диатомовым комплексам;  $H'$  – индекс видового разнообразия Шеннона–Уивера, бит/экз.  $S$  – индекс сапробности; I–V – основные этапы развития экосистемы водоема по результатам кластерного анализа

**Этапы изменений среды и диатомовых комплексов.** Этапы наиболее значимых изменений в экосистеме водоема подтверждаются результатами кластерного анализа, выполненного на основе соотношения относительной численности диатомей. Было выделено 5 этапов в развитии озера.

*I этап* (19–20 см – самый древний слой ДО). На этой стадии развития экосистемы водоема отмечено самое большое количество видов. В озере развивались преимущественно бентосные и планктонно-бентосные формы. Можно предположить, что этот период был переходным от одних условий к другим, т. к. в следующем слое (18–19 см) установлено изменение доминантного комплекса, снижение количества видов, увеличение показателя обилия.

*II этап* (13–19 см). На этом этапе развития экосистемы водоема выявлено незначительное снижение видового разнообразия до 2,99 бит/экз. в слое 15–16 см и увеличение показателя до 3,62 бит/экз. к концу этапа. Динамика pH демонстрирует противоположную картину. В слое 15–16 см водородный показатель достигает максимального значения на этом этапе формирования экосистемы водоема (7,28), выше по срезу колонки pH уменьшается до 7,09. Увеличивается доля планктонных форм в интервале 13–16 см. Слой 16–17 см отличается от других, что подтверждается результатами кластерного анализа: максимального развития достигают виды, характерные для эвтрофных, хорошо прогреваемых водоемов, – *Staurosira construens* и *S. venter*. Возможно, это связано с увеличением концентрации биогенных элементов в данный период, а также с некоторым изменением температурного режима в сторону более высоких температур за счет уменьшения глубины озера, т. к. одновременно отмечено снижение доли планктонных центральных видов рода *Aulacoseira*.

*III этап* (4–13 см). Характеризуется доминированием на горизонтах 6–13 см *Aulacoseira alpigena*, 7–12 см – *Staurosira venter*. Наименьшее на этом промежутке значение pH (7,01) установлено для горизонта 4–6 см. Положе-

ние доминанта занимает ацидофильный вид *Tabellaria flocculosa*, выявлено увеличение доли таксонов рода *Cymbella*, большинство представителей которых – ацидофильные виды. Одновременно отмечено максимальное увеличение доли галофобов до 28,4 %, что свидетельствует о снижении общей минерализации в водоеме, происходящем одновременно с падением pH.

*IV этап* (1–4 см). Для этой зоны характерно увеличение значения pH в щелочную сторону – от 7,01 до 7,27, что подтверждается повышением доли алкалибионтов в этот период. Наблюдается рост доли планктонных и арктоальпийских видов, массовое развитие которых обеспечило резкое увеличение общего обилия до 68,05 млн экз./г сухого вещества. Но при этом отмечено уменьшение количества видов. Выявлены рост относительной численности видов *Achnanthydium minutissimum* (Kützing) Czarnecki, *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing и появление нового для отложений вида – *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, что свидетельствует об изменении температурных условий в водоеме в сторону потепления.

*V этап* (0–1 см). Отражает современный этап развития водоема, который отличается наименьшим сходством с предыдущими этапами. Происходит упрощение структуры диатомовых комплексов, сопровождающееся резким снижением  $H'$ , который достигает минимального значения на протяжении всего среза колонки ДО – 2,3 бит/экз. Доминирующий комплекс представлен алкалибионтными (*Aulacoseira subarctica* и *A. valida*) и алькалофильным (*Staurosira construens*) таксонами. Полностью исчезает ацидофильный бентосный вид *Brachisira brebissonii*, представители рода *Eunotia* встречаются единично. Водородный показатель увеличивается в щелочную сторону и достигает 7,55, что является максимальным значением для колонки. По отношению к местообитанию преобладают планктонные формы (51 %). Такие структурные перестройки могли произойти из-за поднятия уровня водоема за счет таяния снежников и попадания грунтовой воды из близлежащей скважины, с

одной стороны, а с другой – в результате хорошей прогреваемости водной толщи.

**Заключение.** Анализ диатомовых комплексов ДО оз. Щучье установил, что одним из основных факторов, определивших видовой состав и структуру диатомовой флоры, явилось ландшафтно-географическое положение водоема. Сложность спектра горных микроландшафтов определила комплекс индивидуальных природных условий исторического формирования качества вод. Во всем исследованном периоде формирования ДО озера существовали условия, благоприятные для развития различных диатомей перифитона и бентоса. Выявлены изменения видового состава, связанные с периодическим защелачиванием водоема. Обнаружены тератологические изменения формы створок родов диатомовых водорослей в современный период. В оз. Щучье можно отметить низкую концентрацию

кремния в воде, недостаток которого приводит к появлению клеток уродливой формы. Резкий рост численности отдельных видов, снижение значения индекса Шеннона–Уивера свидетельствуют об увеличении трофического статуса водоема, что подтверждается повышением рассчитанного по диатомовым комплексам индекса сапробности. Нелинейная динамика pH также связана с ростом глубины и водности озера за счет эрозионных процессов на водосборе, увеличивающих контакт со щелочными породами, и является, с одной стороны, косвенным свидетельством климатических изменений в сторону потепления и тренда на повышение трофического статуса озера, с другой – свидетельством антропогенного влияния (бурение скважин, строительство автодорог, аэротехногенное загрязнение, периодическая интенсификация атмосферного переноса азотистых соединений).

### Список литературы

1. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л., 1985. 244 с.
2. Шелехова Т.С., Субетто Д.А., Тихонова Ю.С., Потахин М.С. Диатомовые водоросли современных отложений озер Заонежья: палеоэкологические и палеоклиматические реконструкции // Общество. Среда. Развитие. 2015. № 2(35). С. 151–160.
3. Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Малиновский Д.Н., Вандыш О.И., Ильяшук Б.П., Кудрявцева Л.П. Антропогенные изменения водных систем Хибинского горного массива (Мурманская область). Апатиты, 2008. Т. 1. 250 с.
4. Skogheim O.K. Rapport fra Arungenprosjektet. Oslo, 1979. № 2. 7 p.
5. Диатомовый анализ / под ред. А.И. Прошкиной-Лавренко. Л., 1946. Т. 1. 240 с.
6. Косова А.Л., Малышева М.Б., Денисов Д.Б. К методике камеральной обработки проб для диатомового анализа донных отложений // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: материалы VII Всерос. совещания по изучению четвертич. периода (г. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.): в 2 т. Апатиты; СПб., 2011. Т. 1. С. 294–295.
7. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Subwasserflora von Mitteleuropa, Band 2 (1-4) / Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Stuttgart; Jena: Gustav Fisher Verlag, 1988–1991.
8. Krammer K. The Genus Pinnularia. Diatoms of Europe, Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 1 / Ed. by H. Lange-Bertalot. Ruggell, Liechtenstein: A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2000. 703 p.
9. Krammer K. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella. Diatoms of Europe, Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 4 / Ed. by H. Lange-Bertalot. Ruggell, Liechtenstein: A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2003. 530 p.
10. Krammer K. Cymbella. Diatoms of Europe, Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 3 / Ed. by H. Lange-Bertalot. Ruggell, Liechtenstein: A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2002. 584 p.
11. Моисеенко Т.И., Разумовский Л.В. Новая методика реконструкции катионно-анионного баланса в озерах (диатомовый анализ) // Докл. Акад. наук. 2009. Т. 427, № 1. С. 132–135.



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

13. Кэган Л.Я. Диатомовые водоросли Евро-Арктического региона. Аннотированная коллекция (древние и современные морские и пресноводные). Апатиты, 2012. 209 с.

## References

1. Davydova N.N. *Diatomovyye vodorosli – indikatory prirodnykh usloviy vodoemov v golotsene* [Diatom Algae are Indicators of the Natural Conditions of Water Bodies in the Holocene]. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 244 p. (In Russ.)

2. Shelekhova T.S., Subetto D.A., Tikhonova Yu.S., Potakhin M.S. Diatomovyye vodorosli sovremennykh otlozheniy ozer Zaonezh'ya: paleoekologicheskie i paleoklimaticheskie rekonstruktsii [Diatoms in Trans-Onega Modern Lake Sediments: Paleocological and Paleoclimatic Reconstructions]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie* [Society. Environment. Development], 2015, no. 2, pp. 151–160.

3. Kashulin N.A., Denisov D.B., Sandimirov S.S., Dauval'ter V.A., Kashulina T.G., Malinovskiy D.N., Vandysh O.I., Il'yashuk B.P., Kudryavtseva L.P. *Antropogennyye izmeneniya vodnykh sistem Khibinskogo gornogo massiva (Murmanskaya oblast')* [Anthropogenic Changes in the Water Systems of the Khibiny Mountain Group (Murmansk Region)]. Apatity, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences Publ., 2008, vol. 1. 244 p. (In Russ.)

4. Skogheim O.K. *Rapport fra Arungenprosjektet*. Oslo, Norway, As-NLN, 1979, no. 2. 7 p.

5. Zhuze A.P., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. *Diatomovyy analiz. Kniga 1* [Diatom Analysis. Vol. 1]. Ed. by A.I. Proshkina-Lavrenko. Moscow; Leningrad, State Publishing House of Geological Literature, 1949. 240 p. (In Russ.)

6. Kosova A.L., Malysheva M.B., Denisov D.B. K metodike kameral'noy obrabotki prob dlya diatomovogo analiza donnykh otlozheniy [To the Technique of Office Processing of Samples for Diatom Analysis of Bottom Sediments]. *Kvartery vo vsem ego mnogoobrazii. Fundamental'nye problemy, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: materialy VII Vseros. soveshchaniya po izucheniyu chetvertich. perioda (g. Apatity, 12–17 sentyabrya 2011 g.): v 2 t.* [Quaternary System in All Its Multiplicity. Fundamental Problems, Study Results and the Main Directions of Follow up: Proc. 7th All-Russ. Meeting on the Quaternary Period Study (Apatity, September 12–17, 2011): in 2 Vol.]. Apatity; Saint Petersburg, 2011, vol. 1, pp. 294–295. (In Russ.)

7. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. *Subwasserflora von Mitteleuropa, Band 2 (1-4)*. Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, D. Mollenhauer. Stuttgart; Jena, Gustav Fisher Verlag, 1988–1991.

8. Krammer K. The Genus *Pinnularia*. *Diatoms of Europe, Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 1*. Ed. by H. Lange-Bertalot. Ruggell, Liechtenstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2000. 703 p.

9. Krammer K. *Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbella. Diatoms of Europe, Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 4*. Ed. by H. Lange-Bertalot. Ruggell, Liechtenstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2003. 530 p.

10. Krammer K. *Cymbella. Diatoms of Europe, Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 3*. Ed. by H. Lange-Bertalot. Ruggell, Liechtenstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2002. 584 p.

11. Moiseenko T.I., Razumovskiy L.V. Novaya metodika rekonstruktsii kationno-anionnogo balansa v ozerakh (diatomovyy analiz) [A New Technique for Reconstructing the Cation-Anion Balance in Lakes by Diatom Analysis]. *Doklady Akademii nauk* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences], 2009, vol. 427, no. 1, pp. 132–135.

12. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. *Bioraznoobrazie vodorosley-indikatorov okruzhayushchey sredy* [Biodiversity of Algae – Indicators of the Environment]. Tel'-Aviv, Israel, PiliesStudio, 2006. 498 p. (In Russ.)

13. Kэган Л.Я. *Diatomovyye vodorosli Evro-Arkticheskogo regiona. Annotirovannaya kolleksiya (drevnie i sovremennyye morskyye i presnovodnyye)* [Diatoms of the Euro-Arctic Region. Annotated Collection (Ancient and Modern Marine and Freshwater)]. Apatity, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences Publ., 2012. 209 p. (In Russ.)

*Anna L. Kosova\**, *Dmitriy B. Denisov\**

\*Institute of the Industrial Ecology Problems of the North  
of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences  
(Murmansk Region, Apatity, Russian Federation)

## DIATOM ASSEMBLAGES OF THE LAKE SHCHUCHYE BOTTOM SEDIMENTS (Khibiny Mountain Group, Kola Peninsula)

The paper presents the results of the diatom complexes investigation of modern bottom sediments of the small lake Shchuchye (Khibiny Mountain Group, Kola Peninsula). We found 218 species of diatoms belonging to 44 genera. The predominant taxa are *Aulacoseira valida* (Grun.) Kramm (up to 25 %), *A. subarctica* (O. Müll.) Haworth (up to 24 %), *Staurosira venter* (Ehrenberg) H. Kobayasi (up to 17 %), *S. construens* Ehrenberg (up to 16 %), *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams & Round (up to 15 %), *Aulacoseira alpigena* (Grunow) Krammer (up to 13 %), *Brachysira brebissonii* R. Ross (up to 10 %). Ecological and geographical analysis of diatom complexes in the studied lake revealed the predominance of cosmopolitan organisms among taxa with a known geographical distribution, and benthic forms according to the type of habitat. With respect to pH, the first place was occupied by the inhabitants of slightly alkaline waters (alkaliphiles and alkalibionts), in relation to the salinity of water – the indifferent species. We revealed the changes in the diatom complexes structure, reflecting the processes occurring in the catchment area. We marked a significant increase in the proportion of plankton forms in the 3–4 cm horizon (their share reached 51.2 % in the contemporary layer), which indicated an increase in the lake water level. The authors noted a simplification of the structure of diatom complexes, accompanied by a sharp decrease in the Shannon-Weaver index. The dominant complex was represented by alkalibiontic (*Aulacoseira subarctica* and *A. valida*) and alkaliphilic (*Staurosira construens*) taxa. The acidophilic benthic species of *Brachysira brebissonii* completely disappeared; representatives of the genus *Eunotia* were encountered singly. Nonlinear dynamics of pH was, on the one hand, an indirect evidence of climatic changes towards warming and the trend to increase the trophic status of the lake, and on the other – the evidence of anthropogenic influence.

**Keywords:** diatom analysis, surface bottom sediments, paleoecological reconstruction, subarctic water body.

Поступила 07.03.2017  
Received on March 07, 2017

---

**Corresponding author:** Anna Kosova, address: Akademgorodok, 14a, Apatity, Murmansk Region, 184209, Russian Federation; e-mail: annkosova1976@yandex.ru

**For citation:** Kosova A.L., Denisov D.B. Diatom Assemblages of the Lake Shchuchye Bottom Sediments (Khibiny Mountain Group, Kola Peninsula). *Arctic Environmental Research*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 212–221. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.3.212