

## ВОПРОСЫ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

УДК 565.324

### КАРЦИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР КИЛОМЕТРОВЕ И КОТОВО ХАРБЕЙСКОЙ СИСТЕМЫ (БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКАЯ ТУНДРА)

Л. А. Фролова, А. Г. Ибрагимова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

В работе представлены результаты палеобиологического анализа сообществ *Cladocera* озер Километровое и Котово Харбейской системы озер (Большеземельская тундра). Выявлены виды-доминанты, определена зоогеографическая и биотопическая приуроченность обнаруженных видов. Проведен сравнительный анализ современного состава ветвистоусых ракообразных озер Харбейской системы с рецентными остатками *Cladocera* в танатоценозах.

Ключевые слова: *Cladocera*, палеоэкология, Харбейские озера, Большеземельская тундра.

#### L. A. Frolova, A. G. Ibragimova. CLADOCERA REMAINS FROM SEDIMENTS OF KILOMETROVOE AND KOTOVO LAKES, KHARBHEY SYSTEM (BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA)

The results of the palaeobiological analyses of the Cladocera community of lakes Kilometrovoe and Kotovo in the Kharbey lakes system (Bolshezemelskaya tundra) are presented. The dominant species, the zoogeography and biotopic affiliations were identified. A comparative analysis of the present-day structure of Cladocera from the lakes of the Kharbey system vs. recent Cladocera remains from benthic sediments was carried out.

Key words: *Cladocera*, palaeoecology, Kharbey lakes, Bolshezemelskaya tundra.

#### Введение

Европейский Север России и прилегающие субарктические регионы, являясь местом локализации крупных месторождений полезных

ископаемых и богатейших запасов биоресурсов, играют важную стратегическую роль в социально-экономическом развитии страны. Исследуемые экосистемы отличаются низкой степенью устойчивости к антропогенному

воздействию и крайне медленной скоростью восстановления [Игловский, 2013]. Исследования полярных и приполярных регионов представляют особую важность также в силу того, что воздействие климатических и других экологических изменений имеет тенденцию к усилению в высоких широтах [Smol et al., 2005; Kienast et al., 2011]. Повышение среднемесячных летних температур в арктических и субарктических регионах приводит к удлинению безледного периода и, как следствие, к увеличению продолжительности вегетационного сезона, увеличению глубины сезонного протаивания грунта. В результате колебаний климата происходят изменения в потоках энергии и трансформации веществ в арктических водных экосистемах, интенсифицируются биологические процессы, создаются предпосылки для повышения трофности водоемов и для инвазий новых видов гидробионтов из более южных регионов [Richardson, 2008; Кашулин и др., 2013]

Большеземельская тундра, располагающаяся на землях, относящихся к Ненецкому автономному округу и северной части Республики Коми, входит в состав малонарушенных территорий северо-востока европейской части России [Осадчая, 2012]. Действие климатического фактора и антропогенное воздействие являются основными причинами изменений озерного седиментогенеза на территории Большеземельской тундры. Трансформация геохимического круговорота элементов в водных экосистемах, обусловленная добычей угля, нефти и газа, определяет основные загрязняющие вещества Большеземельской тундры – тяжелые металлы и нефтепродукты, которые распространяются со стороны промышленных зон с атмосферными осадками [Даувальтер, Хлопцева, 2008].

Озерные донные отложения являются великолепными палеоэкологическими и палеоклиматическими архивами. В них с хорошим разрешением записаны изменения климата, геомагнитного поля и других событий эволюции окружающей среды в целом за последние тысячелетия [Нургалиев, 2009]. Остатки рецентных и субфоссильных водных растений и животных, таких как диатомовые водоросли, хирономиды, остракоды и Cladocera, в донных отложениях озер достаточно широко используются для палеореконструкций экологических условий прошлого [Kattel et al., 2007; Kienast et al., 2011]. Несколько предыдущих исследований показывают, что состав и структура сообществ водных организмов претерпевают довольно значительные изменения, отражая изменения вдоль климатических градиентов

[например, Lotter et al., 1997; Frolova et al., 2013, 2014]. Cladocera, являясь значимой группой водных организмов, в последние десятилетия все чаще используется в реконструкциях климатических и экологических условий прошлого. Хитиновые структуры их экзоскелета (головные щиты, карапаксы, постабдомены, постабдоминальные коготки и др.) остаются в донных отложениях озер, как правило, в хорошей степени сохранности. Более того, большинство из них может быть идентифицировано до уровня видовой принадлежности.

Исследования танатоценозов озер, в частности карцинологический анализ тундровых водоемов, особенно актуальны в настоящее время ввиду особой заинтересованности в изучении эволюции озер, удаленных от прямого влияния промышленных объектов, а также недостаточной изученности биоты исследуемого региона. Целью исследования явилась качественная оценка изменений окружающей среды в регионе и в экосистемах двух озер Харбейской системы – Километровое и Котово на основе изучения рецентных кладоцерных сообществ донных отложений этих водоемов.

## Материалы и методы

Характерной чертой гидрографической сети юго-востока Большеземельской тундры является большое количество озер. Озерность этой территории достигает 55 %. Причинами этого являются избыточное увлажнение и наличие многолетнемерзлых толщ, которые препятствуют инфильтрации поверхностных вод [Гудованый, 2011. С. 15–24]. Самые большие озера юго-востока Большеземельской тундры – Харбейские. Система Харбейских озер, образовавшаяся в результате поздневалдайского оледенения, расположена между реками Коротаиха и Большая Роговая в восточной части Большеземельской тундры, в 100 км западнее г. Воркуты [Тетерюк, 2012]. Они представляют собой систему из трех крупных, последовательно соединенных озер (Головка, Большой и Малый Харбей) и множества мелких, сообщающихся через протоки, – Километровое, Котово, Ленинградское и др. Исследованное озеро Километровое (67°36'463" с. ш., 62°52'148" в. д.) сообщается протоком с оз. Б. Харбей в его северо-западной части, а оз. Котово (67°32'742" с. ш., 62°51'630" в. д.) – в юго-западной части (рис. 1).

Отбор колонок донных отложений производился сотрудниками Казанского федерального университета в рамках совместной летней полевой экспедиции с Институтом биологии Коми

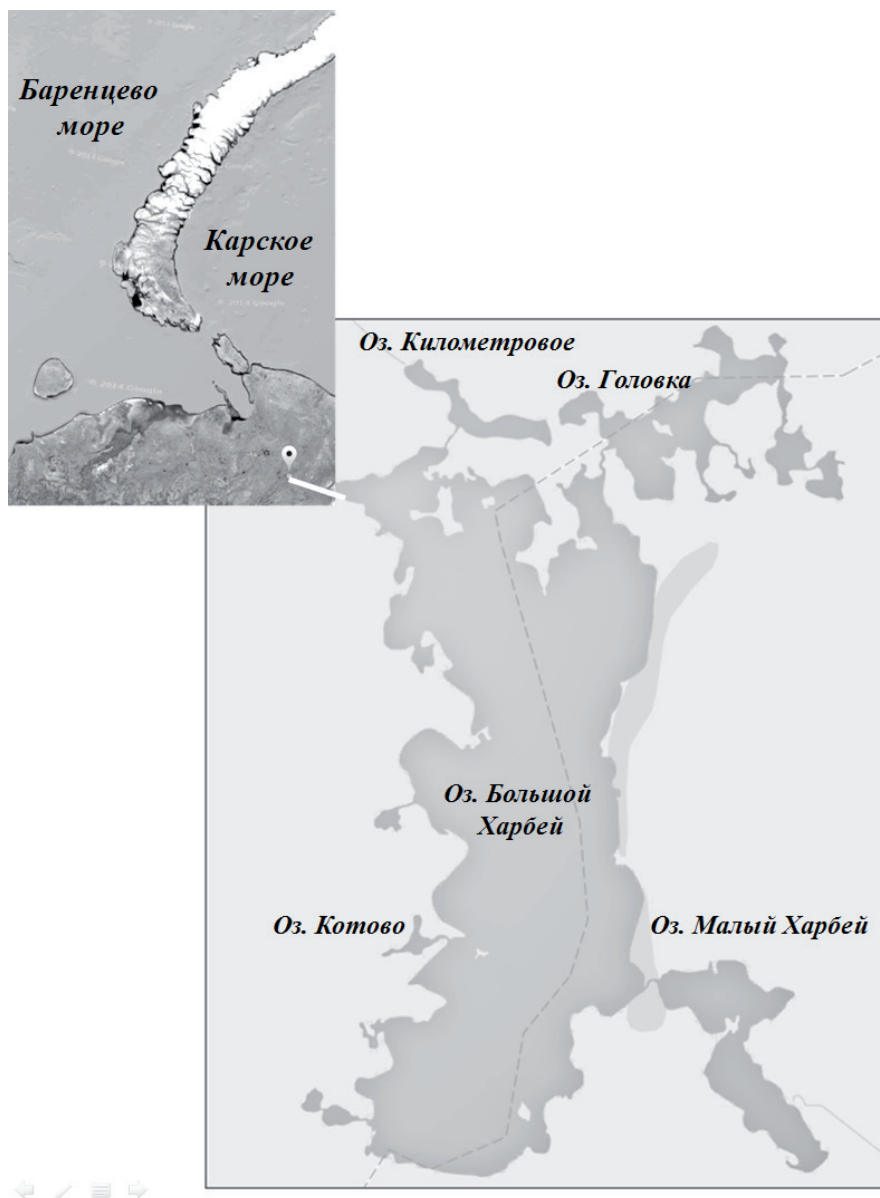


Рис. 1. Карта-схема расположения озер Харбейской системы

НЦ Уральского отделения РАН в июле-августе 2011 года. Для анализа состава танатоценозов колонки донных отложений отбирались пробоотборником фирмы UWITEC (Австрия) в наиболее глубокой части исследуемого озера. Координаты, глубина отбора кернов, их длина и основные характеристики воды, измеренные в полевых условиях, представлены в таблице.

Для карцинологического анализа колонка донных отложений исследовалась с высокой степенью разрешения, с шагом нарезки грунта в один сантиметр. Таким образом, проанализировано 27 образцов из оз. Котово и 16 образцов из оз. Километровое. Образцы готовились по методике, предложенной впервые Д. Фрайем [Frey, 1986] и Б. Д. Ханном [Hann,

1989], а позднее усовершенствованной А. Корхойлой и М. Раутио [Korhola, Rautio, 2001]. В лабораторных условиях навеску влажных осадков растворяли в 10%-м растворе КОН и нагревали до 75 °С в течение 30 минут. Затем суспензию осадков фильтровали через сита с ячейей 125 и 63 мкм. Отфильтрованную суспензию окрашивали 0,5%-м водно-спиртовым раствором сафранина. Пробы просматривали под световым стереомикроскопом Carl Zeiss Axiolab при увеличении  $\times 100$ – $400$ . Из каждой пробы было проанализировано 100–200 остатков ветвистых ракообразных, количество экземпляров каждого вида принималось равным максимальному числу встреченных фрагментов организма (головных щитов, карапаксов или

Координаты, глубина отбора кернов, их длина и основные характеристики воды, измеренные в полевых условиях

Озеро	Котово	Километровое
Длина керна, см	28	16
Глубина отбора, м	4	9
Прозрачность воды, м	1,3	1,3
pH	7,6	7,2
Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{см}$	26	37
$\text{O}_2$ , мг/л	9,1	8,9
$\text{O}_2$ , %	89,6	80,3
T воздуха, °C	13,2	11,5
T воды, °C	9	11

постабдоменов). Для идентификации использовали как современные специализированные определители рецентных и субфоссильных Cladocera [Szeroczyńska, Sarmaja-Korjonen, 2007; Korosi, Smol, 2012; Фролова, 2013], так и определители современных Cladocera [Смирнов, 1971; Alonso, 1996; Котов и др., 2010; Flössner, 2000].

Анализ изменения разнообразия биотических групп выполнен с использованием индексов, определяющих степень видового богатства, разнообразия и доминирования сообществ ветвистоусых ракообразных: индекса Шеннона–Уивера (H) [Shannon, Weaver, 1963], индекса выравненности экологических групп Пиелу (E) [Pielou, 1966], индекса полидоминантности (N) [Лебедева, 2002]. В целях выделения классов доминирования по численности была использована шкала Любарского [Количественные методы..., 2005]. Статистический и стратиграфический анализы выполнены в программе C2 С. Джаггенса [Juggins, 2007]. В стратиграфический анализ были включены таксоны, обнаруженные не менее чем в двух озерах и относительное число которых составило не менее 2 % от общей численности Cladocera в пробе. Степень сходства сообществ оценивали по коэффициенту Чекановского–Серенсена и индексу Жаккара [Песенко, 1982].

## Результаты и обсуждение

Регион характеризуется субарктическим, резко континентальным климатом со средней годовой температурой воздуха  $-7^\circ\text{C}$  [Горбачкий, 1967]. В восточной части Большеземельской тундры продолжительность теплого периода (с температурой воздуха выше  $0^\circ\text{C}$ ) составляет 128 дней, продолжительность вегетационного периода (с температурой воздуха выше  $5^\circ\text{C}$ ) – 91 день, в т. ч. с температурой выше  $10^\circ\text{C}$  – 45–50 дней. Среднемесячная

температура воздуха за три летних месяца составляет  $9,4^\circ\text{C}$ . Безморозный период продолжается в среднем 65 дней [Гудованый, 2011. С. 26–45].

За последние десятилетия в исследованном регионе отмечается увеличение разницы между самым теплым (июль) и самым холодным (январь) месяцами на  $1,4^\circ\text{C}$ , что свидетельствует об усилении континентальности климата [Власова, 1976]. Кроме того, отмечены повышения среднемесячных температур в короткий вегетационный период, например, за последние 50 лет среднемесячная температура мая повысилась на  $2,5^\circ\text{C}$ , а среднеиюньская на  $3,5^\circ\text{C}$  [Гудованый, 2011. С. 26–45].

Расположенные в зоне избыточного увлажнения, поверхностные воды тундры имеют низкую минерализацию, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевого типа. Пределы минерализации вод озер не выше  $100\text{ мг/г}$  (чаще  $20\text{--}60\text{ мг/л}$ ) [Тетерюк, 2011]. В прибрежье исследованных Харбейских озер донные субстраты представлены песками и галькой, в профундали выражены илистые грунты.

Скорость осадконакопления в арктических и субарктических районах, как правило, невелика. Так, в озерах севера Фенноскандии средняя скорость осадконакопления была довольно постоянна в течение последнего столетия и находилась в пределах  $0,3\text{--}1,2\text{ мм/год}$ , в среднем примерно  $1\text{ мм/год}$  [Даувальтер, 2008]. В 1998 г. для региона исследований было выполнено радиоуглеродное датирование осадков озерных отложений с использованием акселераторной масс-спектрометрии (AMS-датирование) для озера Ванкавад ( $65^\circ59'08''\text{ с. ш.}, 59^\circ27'23''\text{ в. д.}$ ). По результатам углеродного датирования в лаборатории Хельсинкского университета (Финляндия) возраст колонки донных отложений мощностью  $210\text{--}220\text{ см}$  составил 5650 лет. Аналогичное датирование, выполненное для озера Б. Харбей, позволило оценить возраст колонки донных отложений  $215\text{--}217\text{ см}$  в 5790 лет

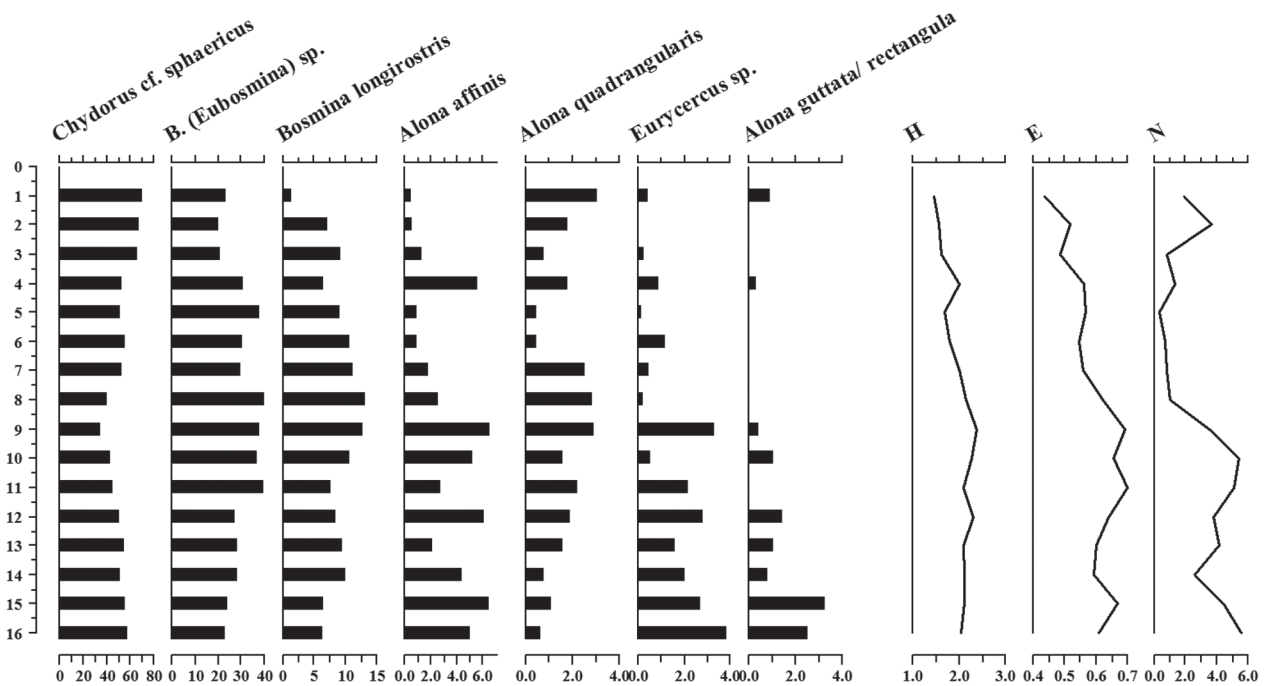


Рис. 2. Таксоанатоценоз донных отложений оз. Километровое

[Sarmaja-Korjonen et al., 2003], т. е. скорость осадконакопления для Харбейских озер несколько ниже, чем было установлено для оз. Ванкавад. В отличие от оз. Ванкавад, располагающегося в зоне северной тайги, система Харбейских озер расположена севернее, в менее продуктивной зоне южной тундры. В 2013 г. в лаборатории геохронологии СПбГУ было выполнено определение средней скорости осадконакопления в озере Б. Харбей с применением  $^{210}\text{Pb}$ -метода. При определении средней скорости осадконакопления Харбейских озер по свинцу были получены более высокие значения средней скорости осадконакопления, по крайней мере для верхних 27 см донных отложений исследованных озер. Среднее значение скорости осадконакопления, рассчитанное для первых 20 см колонки, составило  $1,34 \pm 0,12$  мм/год, и, соответственно, возраст слоя 19–20 см –  $149 \pm 13$  лет. Распределение содержания  $^{210}\text{Pb}$  по глубине керна указывает на отсутствие заметных колебаний скорости осадконакопления за весь датированный интервал времени. Более глубокие слои колонки грунта содержат незначительное количество  $^{210}\text{Pb}_{\text{изб}}$ , свидетельствующее о практически полном распаде радионуклида на рубеже около 150 лет, являющимся предельным возрастным значением для  $^{210}\text{Pb}$  метода.

Реконструированные сообщества зоотанатоценозов Cladocera являются ценными индикаторами воздействия различных экологических (абиотических и биотических)

и климатических факторов окружающей среды [Frolova et al., 2014]. Но нужно учесть, что список видов, составляющих кладоцерное сообщество, меняется мало, да и экологическая индикаторная ценность отдельных видов Cladocera, вероятно, невысока [Korhola, Rautio, 2001]. Гораздо более изменчивы и показательны количественные соотношения отдельных видов (структура сообщества) [Megard, 1964; Смирнов, 2010].

В составе зоотанатоценозов озер Километровое и Котово отмечено 20 таксонов Cladocera: 15 и 17 таксонов соответственно (рис. 2, 3). Наибольшее количество обнаруженных таксонов (15) принадлежит семейству Chydoridae, семейства Daphniidae и Bosminidae представлены в общей сложности пятью таксонами. Из числа доминантов озера Километровое следует назвать *Chydorus cf. sphaericus* (O. F. Müller, 1785), средняя относительная численность которого по всему керну составляет 53,1 %, и *B. (Eubosmina) sp.* (31,0 %). Среди второстепенных таксонов отмечается *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785). К категории малочисленных видов принадлежат *Alona affinis* (Leydig, 1860), *A. quadrangularis* (O. F. Müller, 1785), *Eurycercus sp.*

В озере Котово явных доминантов выявлено не было, роль субдоминантов выполняли *Chydorus cf. sphaericus*, *Alona affinis* и *B. (Eubosmina) sp.* Второстепенными таксонами являются *Eurycercus sp.*, *Alona quadrangularis*, *Bosmina longirostris*. Малочисленные

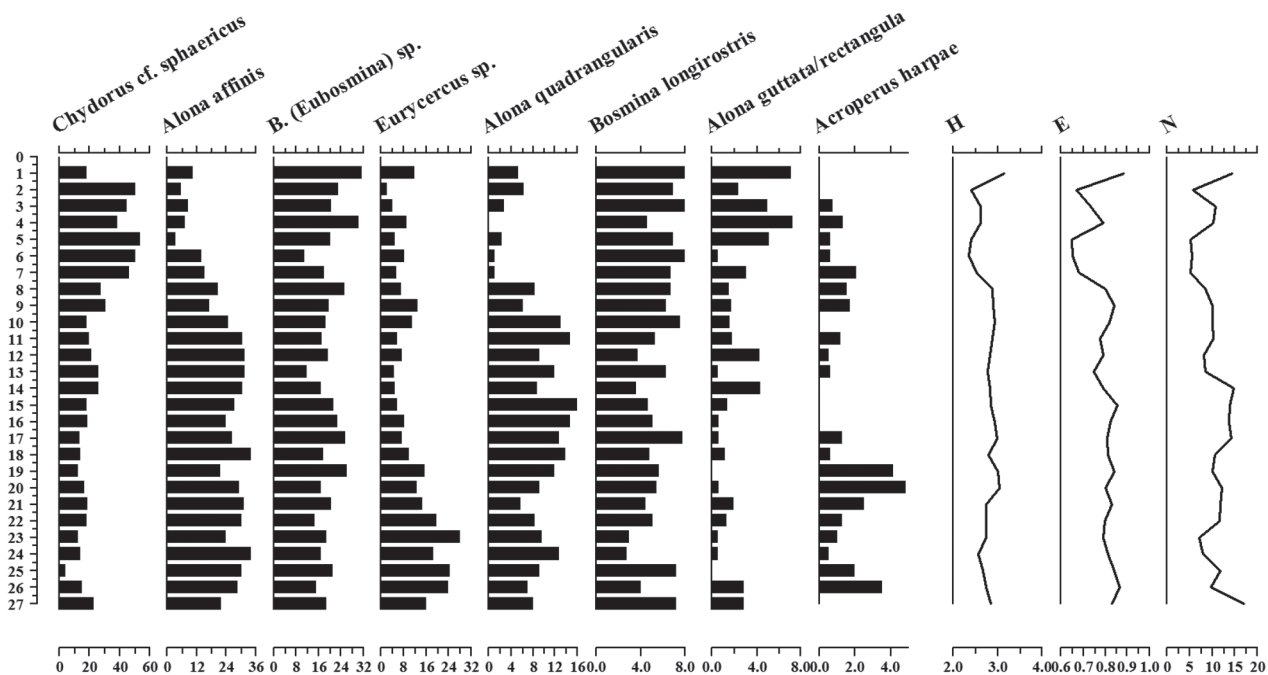


Рис. 3. Таксотанатоценоз донных отложений оз. Котово

виды в озере – *Acroperus harpae* (Baird, 1834) и *Alonopsis elongata* (Sars, 1862). В верхних слоях донных отложений нами было также обнаружено небольшое количество остатков *Sorocera*, которые, как правило, плохо сохраняются в донных отложениях из-за тонких членистых покровов [Rautio et al., 2000].

При характеристике современного зоопланктона озера Б. Харбей с использованием классических гидробиологических методов было установлено, что в сообществе доминируют коловратки и веслоногие и лишь небольшую долю организмов составляют ветвистоусые ракообразные [Фефилова, 2012]. В придаточном по отношению к Б. Харбею озере Километровое *Cladocera* обуславливали 18,4 % общей численности зоопланктона и лишь 3,2 % – в озере Котово. В озере Километровое в состав руководящего комплекса планктона входили *Chydorus cf. sphaericus* (O. F. Müller, 1785) и *Sida crystallina* (O. F. Müller, 1776) [Кононова и др., 2014]. Чтобы вычислить степень единообразия таксономического состава кладоцерных сообществ танатоценозов и современного зоопланктона озер, использовались индексы видового сходства Жаккара и Чекановского–Серенсена. Так, для озера Километровое индексы составили соответственно 0,3 и 0,5 и аналогично – для озера Котово, но надо отметить, что свидетельствует это лишь об умеренном сходстве, а не о полном единообразии выборок.

Значения индексов сходства можно объяснить спецификой применения

палеоэкологических методик для характеристики кладоцерных сообществ, имеющих свои преимущества и недостатки. С одной стороны, представители далеко не всех семейств *Cladocera* сохраняются одинаково хорошо в донных отложениях. К примеру, планктонные *Daphniidae* – ключевой компонент водной экосистемы – сохраняются не в полной мере, так как их экзоскелет слишком хрупкий, чтобы противостоять процессу разложения под воздействием микроорганизмов и грибов. Для палеолиминалогических исследований наибольшую ценность представляют семейства *Chydoridae* и *Bosminidae*, у которых хорошо сохраняются все скелетные компоненты [Hann, 1989]. В составе танатоценозов исследованных нами озер отсутствовали таксоны, значимо представленные в составе современного зоопланктона, например: *Limnoscidea frontosa* Sars, 1852, *Holopedium gibberum* Zaddach, 1848, *Bythotrephes sp.* и др. Отсутствие остатков представителей семейства *Sididae* в отложениях связано с тонкостью хитиновых покровов этой группы ракообразных и, как следствие, плохой сохранностью (сохраняются чаще всего только постабдоминальные коготки) и низкой степенью представленности в танатоценозах.

С другой стороны, анализ кладоцерных сообществ с использованием палеолиминалогических методик дает более полное представление о видовом составе ветвистоусых ракообразных в водоеме, чем регулярные многочисленные отборы проб в течение

вегетационного сезона с использованием стандартных гидробиологических методик, т. к. в составе донных отложений представлены виды, обитающие в различные периоды вегетационного сезона [Freu, 1886]. В частности, в поверхностных донных отложениях оз. Котово обнаружен вид *Camptocercus rectirostris* Schoedler, который не встречался в составе зоопланктонных проб в периоды, когда проводились исследования зоопланктона Харбейских озер (1960-е [Барановская, 1976], 1990-е, 2009–2012 гг. [Фефилова и др., 2012]), но был отмечен в составе рецентных донных отложений оз. Б. Харбей [Назарова и др., 2014]. Вид в первую очередь отмечается в сильно заросших и низкопродуктивных озерах, также в прудах и реках, среди богатых детритом зарослей макрофитов, в детрите над песчаными грунтами [Flössner, 2000], как правило, в более южных регионах. Кроме того, в фаунистических списках зоопланктона не указываются виды: *A. quadrangularis*, присутствующий в отложениях обоих озер, и *A. elongata*, не отмеченный в зоопланктоне оз. Котово.

Для целого ряда видов *Cladocera* имеются сведения об их приуроченности к определенным условиям среды. Для некоторых видов кладоцер известны диапазоны толерантности по отношению к отдельным экологическим факторам [Смирнов, 1978, 2010]. По изменениям в составе сообществ ветвистоусых ракообразных можно судить об изменениях трофического статуса водоема, поэтому они используются, чтобы изучить историю эвтрофикации озера, причинами которой могут быть как естественные, так и антропогенные факторы [Whiteside, 1970]. В ряде палеолимнологических исследований отмечались изменения в составе сообществ кладоцер вслед за изменениями величины pH в водоеме. Изменение кислотно-щелочной реакции воды в сторону повышения кислотности в водоеме сопровождается изменениями структурно-функциональных взаимодействий в планктонном сообществе, выпадением из состава зоопланктона кислоточувствительных видов, снижением видового богатства, изменениями общих показателей биомассы и численности кладоцер [Nilssen, Sandoy, 1990]. Климатические переменные, в первую очередь температура воздуха и воды в период вегетации, относятся к наиболее значимым факторам, воздействующим на количественные показатели – численность и биомассу зоопланктонных организмов [Rautio, 2001; Frolova et al., 2013] и на состав кладоцерных зоотанатоценозов [Sarmaja-Korjonen et al., 2006; Sweetman et al., 2010, Frolova et al.,

2014]. Глубина водоема и тип грунта также значимо влияют на состав сообществ ветвистоусых ракообразных [Freu, 1988; Фролова, 2009]. Изменение пропорций между остатками планктонных и литоральных видов можно использовать как индикатор изменений соотношений между литоральной и пелагической зонами водоема [Korhola, 2005].

При сравнении кладоцерных сообществ в рецентных донных отложениях двух озер отмечено, что в небольшом по размеру и неглубоком оз. Котово, где больше выражена литоральная мелководная зона, выше доля литоральных и фитофильных видов (*Alona affinis*, *A. quadrangularis*, *Acroperus harpae*, *Alonopsis elongata*) (см. табл., рис. 3). Аналогичная ситуация отмечена для зоопланктона оз. Километровое [Кононова и др., 2014].

На протяжении исследованной истории озер кардинальных изменений в составе кладоцерных сообществ не происходило. *Chydorus* cf. *sphaericus* был доминантом в оз. Километровое в течение всего рассмотренного периода, для оз. Котово этот таксон стал явным доминантом, сменив *Alona affinis* на глубине 9 см. Палеарктический вид *Chydorus sphaericus* часто развивается в массовых количествах, является доминантом и супердоминантом в кладоцерных сообществах озер. Танатоценоз *Chydoretum* – один из самых обычных [Смирнов, 2010]. *Chydorus* cf. *sphaericus* – таксон очень пластичный, с широкими диапазонами толерантности по отношению ко многим экологическим факторам. Встречается в водоемах при температуре воды 3–27°C. Обладает всеми морфологическими адаптациями к литоральному образу жизни [Смирнов, 2010]. При этом он в массе развивается в планктоне при наличии взвешенных водорослей и иных органических частиц [Flössner, 2000]. Известно, что увеличение значимости *Chydorus* cf. *sphaericus* в сообществе может происходить при увеличении уровня эвтрофирования водоема [Goulden, 1966; Смирнов, 1978; Андронникова, 1996]. Также в группу доминирующих видов озер постоянно входили *Chydorus* cf. *sphaericus*, *B. (Eubosmina) sp.*, *Alona affinis*, *Bosmina longirostris* (см. рис. 2, 3). *B. (Eubosmina) sp.* ранее идентифицировался нами как *Eubosmina* cf. *longispina*, но в соответствии с новейшими молекулярно-генетическими исследованиями все морфотипы данного подрода предлагается отнести к одному виду [Котов и др., 2010]. Пока единого мнения среди специалистов в области систематики *Cladocera* не сложилось, мы заменили название встреченного нами морфотипа на более высокий таксономический ранг. В целом *B. (Eubosmina) sp.* на

протяжении всего изученного отрезка времени играл более значимую роль в донных отложениях оз. Котово, чем *Bosmina longirostris*, что вполне соответствует характеристике *Eubosmina* cf. *longispina* как холодноводного таксона с температурным оптимумом в пределах 4–12, характерного для олиготрофных и умеренно-эвтрофных водоемов [Flössner, 2000]. *Bosmina longirostris*, напротив, характеризуется как типичный обитатель небольших, богатых органикой водоемов [Bellmann, 1989]. Доля литоральных видов на протяжении всего изученного временного интервала ожидаемо выше в составе танатоценозов озера Котово, отличающегося меньшими размерами и глубинами.

Что касается изменений в кладоцерных сообществах во временном аспекте, то можно отметить снижение относительной численности крупного литорального рачка *Eurycercus* sp. в обоих озерах. Это может объясняться как увеличением прессинга рыб, первоначально выедающих именно крупные формы зоопланктона (длина тела *Eurycercus* sp. до 6 мм), так и уменьшением количества предпочитаемых таксоном биотопов. Представители этого рода обитают преимущественно в литорали, как правило, среди густых зарослей макрофитов [Flössner, 2000].

В соответствии с результатами кластерного анализа, значительные изменения в составе танатоценозов наблюдаются в верхних 0–3 см донных осадков, увеличивается доля планктонных видов при уменьшении относительной численности кладоцер, обитателей литоральной заросшей зоны. Изменение соотношений в сторону планктонных видов может говорить об изменении соотношений литоральных и пелагических участков в водоеме в результате климатических изменений, а именно из-за увеличения глубины сезонного протаивания грунта, сопряженного с возрастанием среднемесячных температур региона в короткий вегетационный период.

В целом данные анализа современного зоопланктона и рецентных отложений сходны: *Chydorus* cf. *sphaericus* выделяется как доминантный вид, отмечается увеличение доли босмин на современном этапе изучения (см. рис. 2, 3) [Фефилова и др., 2014].

Значения индекса Шеннона в озере Километровое варьировали в пределах 1,4–2,7, в озере Котово соответствовали интервалу 2,7–4,3. Таким образом, воды озера Километровое следует отнести к классу умеренно загрязненных вод, а воды озера Котово – к классу чистых вод. Индекс выравненности Пиелу оз. Километровое варьирует

в пределах 1,4–2,7, в озере Котово – в пределах 0,7–0,9, что свидетельствует о неравномерном распределении видов в структуре сообщества. Согласно зоогеографическому районированию видовое разнообразие озер Километровое и Котово обуславливали всесветно-распространенные и северные виды.

Изменения, аналогичные отмеченным нами изменениям в составе кладоцерного сообщества, отмечаются в танатоценозах оз. Б. Харбей на основе палинологического и хирономидного анализов. Анализ спорово-пыльцевых спектров указывает на повышение степени эвтрофирования в водоеме, свидетельствует о заболачивании озера, расширении литоральной зоны и отражает потепление климата. Данные хирономидного анализа указывают на увеличение общего числа таксонов хирономид в верхних слоях, что, как правило, в северных регионах свидетельствует о потеплении [Назарова и др., 2014].

*Авторы благодарят всех участников полевых работ в рамках проведения исследований озер Харбейской системы.*

*Исследование выполнено при поддержке грантов РФФИ (проект № 15–05–04 442) и BMBF «Otto-Schmidt-Labor für Polar- und Meeresforschung» (OSL-15–06).*

## Литература

- Андронникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 190 с.
- Барановская В. К. Зоопланктон Харбейских озер Большеземельской тундры // Продуктивность озер восточной части Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1976. С. 90–101.
- Власова Т. А. Гидрологические и гидрохимические условия биологического продуцирования в озерах Харбейской системы // Продуктивность озер восточной части Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1976. С. 6–32.
- Горбацкий Г. В. Физико-географическое районирование Арктики. Ч. I. Полоса материковых тундр. Л., 1967. 136 с.
- Гудованый О. А. Условия формирования климата Воркуты. Основные элементы климата. Воркута – город на угле, город в Арктике. Изд. 2-е, доп. и перераб. / Ред. М. В. Гецен. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2011. С. 15–45.
- Даувадьтер В. А., Хлопцева Е. В. Гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры // Вестник МГТУ. 2008. Т. 1, № 3. С. 407–414.
- Игловский С. А. Антропогенная трансформация мерзлотных условий Европейского севера России



и ее последствия // Арктика и Север: электронный научный журнал. 2013. № 10. С. 107–124. URL: <http://narfu.ru> (дата обращения: 07.10.2014).

Кашулин Н. А., Даувальтер В. А., Денисов Д. Б. и др. Некоторые аспекты современного состояния пресноводных ресурсов Мурманской области // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 1. С. 98–107.

Количественные методы экологии и гидробиологии: Сб. науч. трудов, посвященный памяти А. И. Баканова / Отв. ред. чл.-корр. РАН Г. С. Розенберг. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. 404 с.

Кононова О. Н., Дубовская О. П., Фефилова Е. Б. Зоо- и некрозоопланктон Харбейских озер Большеземельской тундры (по исследованиям 2009–2012 годов) // Журн. Сибирского федерального университета. 2014. № 3. С. 303–327.

Котов А. А., Синев А. Ю., Глаголев С. М., Смирнов Н. Н. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. С. 151–276.

Лебедева Н. В., Криволицкий Д. А., Пузаченко Ю. Г. и др. География и мониторинг биоразнообразия / Ред. Н. С. Касимов, Э. П. Романова, А. А. Тишков. М.: Изд-во научн. и уч.-метод. центра, 2002. 432 с.

Назарова Л. Б., Фролова Л. А., Косарева Л. Р. и др. Магнито-минералогические и биологические показатели донных отложений оз. Большой Харбей // Журн. Сибирского федерального университета. 2014. № 4. С. 372–394.

Нурғалиев Д. К., Ясонов П. Г., Печерский Д. М. и др. Магнитные свойства осадков из границы мел/палеоген (Гамс, Австрийские Альпы) // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент: тезисы семинара (Борок, 22–25 октября 2009 г.). Борок: Геофиз. обс. «Борок», 2009. С. 31.

Осадчая Г. Г. Возможности сбалансированного использования биосферного и ресурсного потенциала Большеземельской тундры // Криосфера Земли. 2012. Т. 16, № 2. С. 43–51.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.

Смирнов Н. Н. *Chydoridae* фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. Л.: Наука, 1971. Т. 1, вып. 2. 531 с.

Смирнов Н. Н. Методы и некоторые результаты исторической биоценологии ветвистоусых ракообразных // Экология сообществ озера Глубокого. М.: Наука, 1978. С. 105–173.

Смирнов Н. Н. Историческая экология пресноводных зооценозов. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 225 с.

Тетерюк Б. Ю. Химический состав поверхностных вод. Высшие водные растения. Воркута – город на угле, город в Арктике. Изд. 2-е, доп. и перераб. / Ред. М. В. Гецен. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2011. С. 53–59.

Тетерюк Б. Ю. Флора древних озер европейского северо-востока России // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 1. С. 82–90

Фефилова Е. Б., Кононова О. Н., Дубовская О. П., Хохлова Л. Г. Современное состояние зоопланктона системы озер Большеземельской тундры // Биология внутренних вод. 2012. № 4. С. 44–52.

Фефилова Е. Б., Батурина М. А., Кононова О. Н. и др. Многолетние изменения в сообществах гидробионтов в Харбейских озерах // Журн. Сибирского федерального университета. 2014. № 3. С. 240–266.

Фролова Л. А. Сообщества ветвистоусых ракообразных как биоиндикаторы в палеоклиматических исследованиях арктических озер // Современные проблемы эволюции. Ульяновск: УлГПУ, 2009. С. 416–426.

Фролова Л. А. Cladocera // Биологические индикаторы в палеобиологических исследованиях: атлас / Науч. ред. Л. Б. Назарова. Казань: Казан. ун-т, 2013. С. 64–87.

Alonso M. Crustacea Branchiopoda Fauna Iberica. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales CSIC, 1996. Vol. 7. 486 p.

Bellmann H. Spinnen, Krebse, Tausenfüßer. München: Steinbachs Naturführer, Mosaik Verlag, 1989. 224 s.

Flössner D. Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. Leiden: Backhuys Publishers, 2000. 428 p.

Frey D. G. Cladocera analysis. Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. Great Britain: Wiley & sons, 1986. P. 667–701.

Frey D. G. Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology // J. Paleolimnol. 1988. Vol. 1. P. 179–191.

Frolova L. A., Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Herzs Schuh U. Analysis of the effects of climate-dependent factors on the formation of zooplankton communities that inhabit Arctic lakes in the Anabar River basin // Contemporary Problems of Ecology. 2013. Vol. 6, No 1. P. 1–11.

Frolova L., Nazarova L., Pestryakova L., Herzs Schuh U. Subfossil cladoceran remains from sediment in thermokarst lakes in northeastern Siberia, Russia and their relationship to limnological and climatic variables // Journal of Paleolimnology. 2014. Vol. 52, iss. 1. P. 107–119.

Goulden C. E. The animal microfossils // The history of Lagunade Petenxil. Mem. Conn. Acad. Arts and Sci. 1966. Vol. 17. P. 84–120.

Hann B. J. Cladocera. Methods in Quaternary Ecology // Geosci. 1989. No 16. P. 17–26.

Pielou E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections // J. Theor. Biol. 1966. Vol. 13. P. 131–144.

Shannon C., Weaver W. The mathematical theory of communication / Univ. Illinois Press. Illinois, 1963.

Juggins S. C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualization / Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK, 2007.

Kattel G. R., Battarbee R. W., Mackay A., Birks H. J. B. Are cladoceran fossils in lake sediment samples a biased reflection of the communities from which they are derived? // J. Paleolimnol. 2007. Vol. 38. P. 157–181.

Kienast F., Wetterich S., Kuzmina S. et al. Paleontological records prove boreal woodland under dry inland climate at today's Arctic coast in Beringia during the last interglacial // *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. 17/18. P. 2134–2159.

Korhola A., Tikkanen M., Weckström J. Quantification of Holocene lake-level changes in Finnish Lapland using a cladocera-lake depth transfer function // *J. Paleolimnol.* 2005. Vol. 34. P. 175–190.

Korhola A., Rautio M. Cladocera and other branchiopod crustaceans // *Tracking environmental change using lake sediments*. Vol. 4. Zoological indicators. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2001. P. 125–165.

Korosi J. B., Smol J. P. An illustrated guide to the identification of cladoceran subfossils from lake sediments in northeastern North America // *The Chydoridae*. Springer Science+Business Media B. V. 2012.

Lotter A. F., Birks H. J. B., Hofmann W., Marchetto A. Modern diatom, Cladocera, chironomid, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate // *J. Paleolimnol.* 1997. Vol. 18. P. 395–420.

Megard R. O. Biostratigraphic history of Dead Man Lake, Chuska Mountains, New Mexico // *Ecology*. 1964. Vol. 45, No 3. P. 259–546.

Nilssen J. P., Sandoy S. Recent lake acidification and cladoceran dynamics: surface sediment and core analyses from lakes in Norway, Scotland and Sweden / *Paleolimnology and lake acidification*. London: The Royal Society, 1990. P. 73–83.

Rautio M., Sorvari S., Korhola A. Diatom and crustacean zooplankton communities, their seasonal variability and their representation in the sediment of subarctic

Lake Saanajärvi // *J. Limnol.* 2000. Vol. 59, suppl.1. P. 81–96.

Rautio M. Zooplankton assemblages related to environmental characteristics in treeline ponds in Finnish Lapland // *Arctic, Antarctic and Alpine Research*. 2001. Vol. 33. P. 289–298.

Richardson A. J. In hot water: zooplankton and climate change. ICES // *Journal of Marine Science*. 2008. Vol. 65. P. 279–295.

Sarmaja-Korjonen K., Kultti S., Solovieva N., Väli-ranta M. Mid-Holocene palaeoclimatic and palaeohydrological conditions in northeastern European Russia: a multi-proxy study of Lake Vankavädd // *J. Paleolimnol.* 2003. Vol. 30. P. 415–426,

Sarmaja-Korjonen K., Nyman M., Kultti S., Valiranta M. Palaeolimnological development of Lake Njargajavri, northern Finnish Lapland, in a changing Holocene climate and environment // *J. Paleolimnol.* 2006. Vol. 35. P. 65–81.

Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society, 2007. 84 p.

Smol J. P., Wolfe A. P., Birks H. J. B. et al. Climate-driven regime shifts in Arctic lake ecosystems // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 2005. Vol. 102. P. 4397–4402.

Sweetman J. N., Rühland K. M., Smol J. P. Environmental and spatial factors influencing the distribution of cladocerans in lakes across the central Canadian Arctic treeline region // *J. Limnol.* 2010. Vol. 69. P. 1–12.

Whiteside M. C. Danish chydorid Cladocera: modern ecology and core studies // *Ecological Monographs*. 1970. Vol. 40. P. 79–118.

Поступила в редакцию 01.12.2014

## References

Andronnikova I. N. Strukturno-funkcional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov [Structural-functional organisation of zooplankton in lake ecosystems of various trophic types]. St. Petersburg: Nauka, 1996. 190 p.

Baranovskaya V. K. Zooplankton Kharbeiskikh ozer Bol'shezemel'skoi tundry [Zooplankton in Kharbeyskie Lakes of Bolshezemelskaya tundra]. *Produktivnost' ozer vostochnoi chasti Bol'shezemel'skoi tundry [Lake productivity in the eastern Bolshezemelskaya tundra]*. Leningrad: Nauka, 1976. P. 90–101.

Dauval'ter V. A., Khloptseva E. V. Gidrologicheskie i gidrokhimicheskie osobennosti ozer Bol'shezemel'skoi tundry [Hydrological and hydrochemical features of lakes of Bolshezemelskaya tundra]. *Vestnik MGTU [Herald of MSTU]*. 2008. Vol. 1, No 3. P. 407–414.

Fefilova E. B., Baturina M. A., Kononova O. N., Loskutova O. A., Khokhlova L. G., Dubovskaya O. P. Mno-goletnie izmeneniya v soobshchestvakh gidrobiontov v Kharbeiskikh ozerakh [Long-term changes in aquatic communities in the Kharbeyskie Lakes]. *Zhurn. Sibirskogo federal'nogo universiteta [Journal of Siberian Federal University]*. 2014. No 3. P. 240–266.

Fefilova E. B., Kononova O. N., Dubovskaya O. P., Khokhlova L. G. Sovremennoe sostoyanie zooplanktona sistemy ozer Bol'shezemel'skoi tundry [The current state of zooplankton in the lake system of Bolshezemelskaya tundra]. *Biologiya vnutrennikh vod [Inland water biology]*. 2012. No 4. P. 44–52.

Frolova L. A. Cladocera [Cladocera]. *Biologicheskie indikatory v paleobiologicheskikh issledovaniyakh: atlas [Biological indicators in the paleobiological investigations: atlas]*. Ed. L. B. Nazarova. Kazan': Kazan. un-t, 2013. P. 64–87.

Frolova L. A. Soobshchestva vetvistousykh rako-obraznykh kak bioindikatory v paleoklimaticheskikh issledovaniyakh arkticheskikh ozer [Cladocera communities as bioindicators in paleoclimatic studies of Arctic lakes]. *Sovremennye problemy evolyutsii [Modern problems of evolution]*. Ul'yanovsk: UIGPU, 2009. P. 416–426.

Gorbatskii G. V. fiziko-geograficheskoe raionirovanie Arktiki. Ch. I. Polosa materikovykh tundr [Physicogeographical zoning of the Arctic. Part I. Continental tundra zone]. Leningrad, 1967. 136 p.

Gudovanyi O. A. Usloviya formirovaniya klimata Vorkuty. Osnovnye elementy klimata. Vorkuta – gorod na

ugle, gorod v Arktike. Izd. 2-e, dop. i pererab [The conditions of climate formation in Vorkuta. Basic climate elements. Vorkuta – city on coal, Arctic city. 2d ed., rev. and enl.]. Ed. M. V. Getsen. Syktyvkar: Komi respublikanskaya tipografiya, 2011. P. 15–45.

Iglvskii S. A. Antropogennaya transformatsiya mertzlotnykh uslovii Evropeiskogo severa Rossii i ee posledstviya [Anthropogenic transformation of permafrost conditions of the European North of Russia and its consequences]. *Arktika i Sever: elektronnyi nauchnyi zhurnal* [Arctic and North: electronic scientific journal]. 2013. No 10. P. 107–124. URL: <http://narfu.ru> (accessed: 07.10.2014).

Kashulin N. A., Dauval'ter V. A., Denisov D. B., Val'kova S. A., Vandysh O. I., Terent'ev P. M., Kashulin A. N. Nekotorye aspekty sovremennogo sostoyaniya presnovodnykh resursov Murmanskoi oblasti [Some aspects of current state of freshwater resources in the Murmansk region]. *Vestnik MGTU* [Herald of MSTU]. 2013. Vol. 16, No 1. P. 98–107.

Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii [Quantitative methods for ecology and hydrobiology]. Ed. RAS Corr. Fellow G. S. Rozenberg. Tol'yatti: SamNTs RAN, 2005. 404 p.

Kononova O. N., Dubovskaya O. P., Fefilova E. B. Zoo- i necrozoo plankton Kharbeiskix ozer Bolshozemel'skoi tundry (po issledovaniyam 2009–2012 godov) [Zooplankton and dead zooplankton in Kharbeyiskie Lakes of Bolshezemelskaya tundra (period from 2009 to 2012)]. *Zhurn. Sibirskogo federal'nogo universiteta* [The Siberian Federal University Journal]. 2014. No 3. P. 303–327.

Kotov A. A., Sinev A. Yu., Glagolev S. M., Smirnov N. N. Vetvistousye rakoobraznye (Cladocera) [Cladocera]. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. Vol. 1. Zooplankton [Guide for zooplankton and zoobenthos of European fresh waters. Vol. 1. Zooplankton]*. Eds. V. R. Alekseeva, S. Ya. Tsalolikhina. Moscow: T-vo nauch. izd. KMK, 2010. P. 151–276.

Lebedeva N. V., Krivolutskii D. A., Puzachenko Yu. G., D'yakonov K. N., Aleshchenko G. M., Smurov A. V., Maksimov V. N., Tikunov V. S., Ogureeva G. N., Kotova T. V. Geografiya i monitoring bioraznoobraziya [Geography and monitoring of biodiversity]. Eds. N. S. Kasimov, E. P. Romanova, A. A. Tishkov. Moscow: Izd-vo nauchn. i uch.-metod. tsentra, 2002. 432 p.

Nazarova L. B., Frolova L. A., Kosareva L. R., Rudaya N. A., Syrykh L. S., Gafiatullina L. I., Kuzina D. M., Palagushkina O. V., Tumanov O. N., Fefilova E. B. Magnitno-mineralogicheskie i biologicheskie pokazateli donnykh otlozhenii oz. Bol'shoi Kharbei [Magneto-mineralogical and biological properties of sediments from the Lake Bolshoy Kharbey]. *Zhurn. Sibirskogo federal'nogo universiteta* [The Siberian Federal University Journal]. 2014. No 4. P. 372–394.

Nurgaliev D. K., Yasonov P. G., Pecherskii D. M., Grachev A. F., Gil'manova D. M. Magnitnye svoistva osadkov iz granitsy mel/paleogen (Gams, Avstriiskie Al'py) [Magnetic properties of sediments at the Cretaceous/Tertiary boundary in the Gams section, Austrian Alps]. Paleomagnetizm i magnetizm gornyykh porod: teoriya, praktika, eksperiment: tezisy seminara (Borok, 22–25 oktyabrya 2009 g.) [Paleomagnetism and

magnetism of rocks: theory, practice and experiment. Abstracts of the reports (Borok, 22–25 October, 2009)]. Borok: Geofiz. obs. «Borok», 2009. P. 31.

Osadchaya G. G. Vozmozhnosti sbalansirovannogo ispol'zovaniya biosfernogo i resursnogo potentsiala Bol'shezemel'skoi tundry [Possibilities of balanced use of biospheric and resource potential of Bolshezemelskaya tundra]. *Kriosfera Zemli* [Earth's cryosphere]. 2012. Vol. 16, No 2. P. 43–51.

Pesenko Yu. A. Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh [Principles and methods of qualitative analysis in faunistic research]. Moscow: Nauka, 1982. 288 p.

Smirnov H. H. Metody i nekotorye rezul'taty istoricheskoi biotsenologii vetvistousykh rakoobraznykh [Methods and some results of historical biocenology of Cladocera]. *Ekologiya soobshchestv ozera Glubokogo* [Ecology of communities in Lake Glubokoe]. Moscow: Nauka, 1978. P. 105–173.

Smirnov N. N. Chydoridae fauny mira. Fauna SSSR. Rakoobraznye [Chydoridae faunas of the Earth. Fauna of the USSR. Crustacea]. Leningrad: Nauka, 1971. Vol. 1, iss. 2. 531 p.

Smirnov N. N. Istoricheskaya ekologiya presnovodnykh zootsenozov [Historical ecology of freshwater zoocenoses]. Moscow: T-vo nauch. izd. KMK, 2010. 225 p.

Teteryuk B. Yu. Flora drevnikh ozer evropeiskogo severo-vostoka Rossii [Flora of the ancient lakes of the European North-East of Russia]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara scientific centre RAS]. 2012. Vol. 14, No 1. P. 82–90.

Teteryuk B. Yu. Khimicheskii sostav poverkhnostnykh vod. Vysshie vodnye rasteniya. Vorkuta – gorod na ugle, gorod v Arktike. Izd. 2-e, dop. i pererab. [Chemical composition of surface waters. Higher aquatic plants. Vorkuta – city on coal, Arctic city. 2d ed., rev. and enl.]. Ed. M. V. Getsen. Syktyvkar: Komi respublikanskaya tipografiya, 2011. P. 53–59.

Vlasova T. A. Gidrologicheskie i gidrokhimicheskie usloviya biologicheskogo produksirovaniya v ozerakh Kharbeiskoi sistemy [Hydrological and hydrochemical conditions of biological production in lakes of the Kharbeyiskaya system]. *Produktivnost' ozer vostochnoi chasti Bol'shezemel'skoi tundry* [Lake productivity in the eastern Bolshezemelskaya tundra]. Leningrad: Nauka, 1976. P. 6–32.

Alonso M. Crustacea Branchiopoda Fauna Iberica. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales CSIC, 1996. Vol. 7. 486 p.

Bellmann H. Spinnen, Krebse, Tausenfüßer. München: Steinbachs Naturführer, Mosaik Verlag, 1989. 224 s.

Flössner D. Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. Leiden: Backhuys Publishers, 2000. 428 p.

Frey D. G. Cladocera analysis. Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. Great Britain: Wiley & sons, 1986. P. 667–701.

Frey D. G. Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology. *J. Paleolimnol.* 1988. Vol. 1. P. 179–191.

- Frolova L. A., Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Herzsuh U. Analysis of the effects of climate-dependent factors on the formation of zooplankton communities that inhabit Arctic lakes in the Anabar River basin. *Contemporary Problems of Ecology*. 2013. Vol. 6, No 1. P. 1–11.
- Frolova L., Nazarova L., Pestryakova L., Herzsuh U. Subfossil cladoceran remains from sediment in thermokarst lakes in northeastern Siberia, Russia and their relationship to limnological and climatic variables. *J. Paleolimnol.* 2014. Vol. 52, iss. 1. P. 107–119.
- Goulden C. E. The animal microfossils. The history of Lagunade Petenxil. *Mem. Conn. Acad. Arts and Sci.* 1966. Vol. 17. P. 84–120.
- Hann B. J. Cladocera. Methods in Quaternary Ecology. *Geosci.* 1989. No 16. P. 17–26.
- Pielou E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor Biol.* 1966. Vol. 13. P. 131–144.
- Shannon C., Weaver W. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. Illinois, 1963.
- Juggins S. C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualization. Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK, 2007.
- Kattel G. R., Battarbee R. W., Mackay A., Birks H. J. B. Are cladoceran fossils in lake sediment samples a biased reflection of the communities from which they are derived? *J. Paleolimnol.* 2007. Vol. 38. P. 157–181.
- Kienast F., Wetterich S., Kuzmina S., Schirmermeister L., Andreev A., Tarasov P., Nazarova L., Kossler A., Frolova L., Kunitsky V. Paleontological records prove boreal woodland under dry inland climate at today's Arctic coast in Beringia during the last interglacial. *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. 17/18. P. 2134–2159.
- Korhola A., Tikkanen M., Weckström J. Quantification of Holocene lake-level changes in Finnish Lapland using a cladocera-lake depth transfer function. *J. Paleolimnol.* 2005. Vol. 34. P. 175–190.
- Korhola A., Rautio M. Cladocera and other branchiopod crustaceans. Tracking environmental change using lake sediments. Vol. 4. Zoological indicators. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2001. P. 125–165.
- Korosi J. B., Smol John P. An illustrated guide to the identification of cladoceran subfossils from lake sediments in northeastern North America. The Chydoridae. Springer Science+Business Media B. V. 2012.
- Lotter A. F., Birks H. J. B., Hofmann W., Marchetto A. Modern diatom, Cladocera, chironomid, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate. *J. Paleolimnol.* 1997. Vol. 18. P. 395–420.
- Megard R. O. Biostratigraphic history of Dead Man Lake, Chuska Mountains, New Mexico. *Ecology*. 1964. Vol. 45, No 3. P. 259–546.
- Nilssen J. P., Sandoy S. Recent lake acidification and cladoceran dynamics: surface sediment and core analyses from lakes in Norway, Scotland and Sweden. *Paleolimnology and lake acidification*. London: The Royal Society, 1990. P. 73–83.
- Rautio M., Sorvari S., Korhola A. Diatom and crustacean zooplankton communities, their seasonal variability and their representation in the sediment of subarctic Lake Saanajärvi. *J. Limnol.* 2000. Vol. 59, suppl. 1. P. 81–96.
- Rautio M. Zooplankton assemblages related to environmental characteristics in treeline ponds in Finnish Lapland. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*. 2001. Vol. 33. P. 289–298.
- Richardson A. J. In hot water: zooplankton and climate change. ICES. *Journal of Marine Science*. 2008. Vol. 65. P. 279–295.
- Sarmaja-Korjonen K., Kultti S., Solovieva N., Väli-ranta M. Mid-Holocene palaeoclimatic and palaeohydrological conditions in northeastern European Russia: a multi-proxy study of Lake Vankavadi. *J. Paleolimnol.* 2003. Vol. 30. P. 415–426.
- Sarmaja-Korjonen K., Nyman M., Kultti S., Valiranta M. Palaeolimnological development of Lake Njargajavri, northern Finnish Lapland, in a changing Holocene climate and environment. *J. Paleolimnol.* 2006. Vol. 35. P. 65–81.
- Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society, 2007. 84 p.
- Smol J. P., Wolfe A. P., Birks H. J. B., Douglas M. S. V., Jones V. J., Korhola A., Pienitz R., Rühland K., Sorvari S., Antoniades D., Brooks S. J., Fallu M. A., Hughes M., Keatley B., Laing T., Michelutti N., Nazarova L., Nyman M., Paterson A. M., Perren B., Quinlan R., Rautio M., Saulnier-Talbot E., Siitonen S., Solovieva N., Weckström J. Climate-driven regime shifts in Arctic lake ecosystems. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 2005. Vol. 102. P. 4397–4402.
- Sweetman J. N., Rühland K. M., Smol J. P. Environmental and spatial factors influencing the distribution of cladocerans in lakes across the central Canadian Arctic treeline region. *J. Limnol.* 2010. Vol. 69. P. 1–12.
- Whiteside M. C. Danish chydorid Cladocera: modern ecology and core studies. *Ecological Monographs*. 1970. Vol. 40. P. 79–118.

Received December 01, 2014

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

### **Фролова Лариса Александровна**

доцент, к. б. н.  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
ул. Кремлевская, 18, Казань, Россия, 420008  
эл. почта: Larissa.Frolova@kpfu.ru  
тел.: 89178584108

### **Ибрагимова Айсылу Гумеровна**

аспирант  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
ул. Кремлевская, 18, Казань, Россия, 420008  
эл. почта: Ais5\_ibragimova@mail.ru  
тел.: 89297260088

## **CONTRIBUTORS:**

### **Frolova, Larisa**

Kazan (Volga region) Federal University  
18 Kremlyovskaya St., 420008 Kazan, Russia  
e-mail: Larissa.Frolova@kpfu.ru  
tel.: 89178584108

### **Ibragimova, Aisylu**

Kazan (Volga region) Federal University  
18 Kremlyovskaya St., 420008 Kazan, Russia  
e-mail: Ais5\_ibragimova@mail.ru  
tel.: 89297260088