

Карельский научный центр
Российской академии наук

ТРУДЫ

КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

№ 5, 2015

Серия ЛИМНОЛОГИЯ

Петрозаводск
2015

Главный редактор

А. Ф. ТИТОВ, член-корр. РАН, д. б. н., проф.

Редакционный совет

А. М. АСХАБОВ, академик РАН, д. г.-м. н., проф.; Т. ВИХАВАЙНЕН, доктор истории, проф.; А. В. ВОРОНИН, д. т. н., проф.; С. П. ГРИППА, к. г. н., доцент; Э. В. ИВАНТЕР, член-корр. РАН, д. б. н., проф.; А. С. ИСАЕВ, академик РАН, д. б. н., проф.; А. М. КРЫШЕНЬ (зам. главного редактора), д. б. н.; Е. В. КУДРЯШОВА, д. флс. н., проф.; В. В. МАЗАЛОВ, д. ф.-м. н., проф.; И. И. МУЛЛОНЕН, д. фил. н., проф.; Н. Н. НЕМОВА, член-корр. РАН, д. б. н., проф.; В. В. ОКРЕПИЛОВ, академик РАН, д. э. н.; О. Н. ПУГАЧЕВ, член-корр. РАН, д. б. н.; Ю. В. САВЕЛЬЕВ, д. э. н.; Д. А. СУБЕТТО, д. г. н.; Н. Н. ФИЛАТОВ, член-корр. РАН, д. г. н., проф.; В. В. ЩИПЦОВ, д. г.-м. н., проф.

Editor-in-Chief

A. F. TITOV, RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.), Prof.

Editorial Council

A. M. ASKHABOV, RAS Academician, DSc (Geol.-Miner.), Prof.; N. N. FILATOV, RAS Corr. Fellow, DSc (Geog.), Prof.; S. P. GRIPPA, PhD (Geog.), Assistant Prof.; A. S. ISAEV, RAS Academician, DSc (Biol.), Prof.; E. V. IVANTER, RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.), Prof.; A. M. KRYSHEN' (Deputy Editor-in-Chief), DSc (Biol.); E. V. KUDRYASHOVA, DSc (Phil.), Prof.; V. V. MAZALOV, DSc (Phys.-Math.), Prof.; I. I. MULLONEN, DSc (Philol.), Prof.; N. N. NEMOVA, RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.), Prof.; V. V. OKREPILOV, RAS Academician, DSc (Econ.); O. N. PUGACHYOV, RAS Corr. Fellow, DSc (Biol.); Yu. V. SAVELIEV, DSc (Econ.); V. V. SHCHIPTSOV, DSc (Geol.-Miner.), Prof.; D. A. SUBETTO, DSc (Geog.); T. VIHAVAINEN, PhD (Hist.), Prof.; A. V. VORONIN, DSc (Tech.), Prof.

Редакционная коллегия серии «Лимнология»

С. Д. ГОЛОСОВ, к. ф.-м. н.; Н. В. ИЛЬМАСТ, д. б. н.; С. Ф. КОМУЛАЙНЕН, д. б. н.; Е. А. КУРАШОВ, д. б. н.; М. ЛЕППЯРАНТА, доктор; П. А. ЛОЗОВИК, д. х. н.; Ю. Н. ЛУКИНА (зам. ответственного редактора), д. б. н.; Л. А. ПЕСТРЯКОВА, д. г. н.; Т. И. РЕГЕРАНД (ответственный секретарь), к. б. н.; А. РОЗЕНТАУ, доктор; Д. А. СУБЕТТО (зам. ответственного редактора), д. г. н.; А. Ю. ТЕРЖЕВИК, к. т. н.; Н. Н. ФИЛАТОВ (ответственный редактор), чл.-корр. РАН, д. г. н., проф.; Г. Т. ФРУМИН, д. х. н., проф.

Editorial Board of the Limnology Series

S. D. GOLOSOV, PhD (Phys.-Math.); N. V. IL'MAST, DSc (Biol.); S. F. KOMULAINEN, DSc. (Biol.); E. A. KURASHOV, DSc (Biol.); M. LEPPYARANTA, PhD; P. A. LOZOVIK, DSc (Chem.); Yu. N. LUKINA (Deputy Editor-in-Charge), DSc (Biol.); L. A. PESTRYAKOVA, DSc (Geog.); T. I. REGERAND (Executive Secretary), PhD (Biol.); A. ROZENTAU, PhD; D. A. SUBETTO (Deputy Editor-in-Charge), DSc (Geog.); A. Yu. TERZHEVIK, PhD (Tech.); N. N. FILATOV (Editor-in-Charge), RAS Corr. Fellow, DSc (Geog.), Prof.; G. T. FRUMIN, DSc (Chem.), Prof.

ISSN 1997-3217 (печатная версия)
ISSN 2312-4504 (онлайн-версия)

Зав. редакцией А. И. Мокеева
Адрес редакции: 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
тел. (8142)762018; факс (8142)769600
E-mail: trudy@krc.karelia.ru
Электронная полнотекстовая версия: <http://transactions.krc.karelia.ru>

© Карельский научный центр РАН, 2015
© Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН, 2015

От редакторов

Уважаемые коллеги!

В 2015 году выходят в свет первые два выпуска серии «Лимнология» журнала «Труды Карельского научного центра РАН». Безусловно, Россия заслужила иметь собственный специализированный журнал, посвященный исследованию озер, – уже только потому, что в нашей стране находится крупнейшее озеро мира – озеро Байкал, великие озера Европы Ладожское и Онежское, насчитывается около 2,5 млн разнообразных озер. И все эти водные объекты имеют важное значение в развитии экономики страны. До сих пор специального издания, посвященного изучению озер, в России не было. Отечественные озероведы (лимнологи) публикуют свои статьи в журналах «Водные ресурсы», «Гидробиология», «География и природные ресурсы», «Известия Русского географического общества» и некоторых других. Многие страны, богатые озерами, такие как США, Канада, Япония, Китай, Бразилия, Италия, и даже Индия, в которой озер очень мало, имеют специализированные лимнологические издания. Перечислим лишь несколько известных журналов, в которых публикуются иногда и российские озероведы. Это «International Journal of Limnology», «Advances in Limnology», «Limnology and Oceanography», «Limnologica», «Chinese Journal of Limnology», «Journal of Paleolimnology» и ряд других.

Нет в нашей стране и ассоциации лимнологов, подобной существующим во многих «озерных» странах. Таким как Association for the Sciences of Limnology and Oceanography, Asociación Ibérica de Limnología, Australian Society for Limnology, Society of Canadian Limnologists, European Society of Limnology and Oceanography, Society of Limnology, Italian Association for Oceanology and Limnology (AIOL), The Japanese Society of Limnology, International Paleolimnological Association (IPA). Необходимо упомянуть и международную ассоциацию лимнологов SIL (International Society of Limnology), членами которой являются несколько специалистов из нашей страны. SIL – ассоциация теоретической и прикладной лимнологии – создана в 1922 году. Ее основными задачами были развитие понимания функционирования озер, рек, водохранилищ и увлажненных территорий; способствование методам рационального управления и охраны разнообразия водных систем, используя знания, полученные от исследований. Среди официальных представителей стран-участниц SIL есть специалисты из США, Канады, Финляндии, даже из Румынии и Португалии, но нет из России, хотя ряд российских озероведов регулярно принимают участие в работе конгрессов этой ассоциации. Один из конгрессов SIL состоялся в Ленинграде в 1971 г. – в год образования Института озероведения АН СССР. Много сил к созданию этого института приложил Глеб Юрьевич Верещагин, который в трудное военное время выезжал с озера Байкал, где в то время работал, в Москву и в 1944 г. добился поддержки руководства страны в организации такого важного учреждения. В 1920-х годах Глеб Юрьевич много сделал для исследования озер Карелии – региона, столь богатого водными объектами. Здесь, по оценкам, находится около 60 тыс. озер, водохранилищ и 27 тыс. рек.

Задачи, стоящие перед отечественным озероведением, разнообразны. Это теоретические и прикладные вопросы функционирования озерных систем под влиянием климата и антропогенных факторов; изучение процессов эвтрофирования, закисления озер и борьба с ними; разработка методов рационального управления и охраны озерных ресурсов; проблемы восстановления экосистем озер, изучение влияния вселенцев и, наконец, инвентаризация, оценка природно-ресурсного потенциала озер, вопросы палеолимнологии.

Сколько, например, озер в России? На этот вопрос имеются разные ответы: 2,2 млн – такую цифру называли на Всероссийском гидрологическом съезде в 2013 г.; или 2,7 млн, как написано в работе «Водные ресурсы России» (2008); а может, 2,8 млн, как указано в энциклопедии озер и водохранилищ мира (Encyclopedia Lakes and Reservoirs, 2012). Нет точного ответа на этот вопрос

и в Государственном водном реестре РФ (<http://textual.ru/gvr/>). Обновление данных там не проводится, поэтому их уточнение является актуальным для регионов РФ и для всей страны. Такая работа выполняется в ряде регионов России (в Республике Карелия, Пермском крае, Республике Башкирия, Псковской и Вологодской областях). Большой комплекс работ по инвентаризации озерного фонда проводит ИНОЗ РАН (<http://www.limno.org.ru/win/rlake.php>). Актуальны вопросы и правовой охраны озер. Например, для охраны ресурсов озера Байкал в 2009 г. был издан специальный федеральный закон. Для Ладожского и Онежского озер готовится в настоящее время подобный правовой акт. Для его обоснования, безусловно, необходимы надежные знания.

В связи с этим Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН создал серию «Лимнология» в Трудах Карельского научного центра РАН. В выпусках серии планируется публикация статей о современном состоянии озер и водохранилищ России и зарубежных стран (гидрология, гидробиология, ихтиология, гидрохимия, гидрофизика и другие направления); по данным изучения функционирования озерно-речных систем и их водосборов, изменчивости водных систем под влиянием климатических и антропогенных факторов; по вопросам совершенствования мониторинга, прогнозирования изменения водных экосистем; по проблемам восстановления, рационального использования и охраны водных систем; по результатам палеолимнологических исследований, реконструкции и интерпретации истории озер. Предполагается издание теоретических и обзорных статей; работ, отражающих результаты завершенных оригинальных научных исследований; статей, описывающих новые методы исследований; статей по истории науки; кратких сообщений о научных находках, результатах экспедиций; материалов научных конференций, семинаров, совещаний; рецензий на монографии и книги; очерков о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях, юбилеях организаций и других значимых научных событиях); очерков к юбилеям ученых и памятным датам.

Первый выпуск серии посвящен в основном вопросам палеолимнологии. В последние годы значительно вырос интерес к палеолимнологическим исследованиям Северного полушария, что вызвано в первую очередь проблемой глобального потепления климата, особенно в высоких широтах. В приполярных областях Северного полушария располагается огромное количество озер различного генезиса и морфометрии, заархивировавших в своих донных отложениях подробную информацию об изменениях климата, ландшафтов и гидрологии в плейстоцене и голоцене. Для развития палеолимнологических исследований в нашей стране 21–25 сентября 2014 г. в Петрозаводске была проведена международная конференция «Палеолимнология Севера Евразии», организованная Институтом водных проблем Севера Карельского научного центра РАН при финансовой поддержке РФФИ (14-05-20300), совместно с палеолимнологической комиссией Русского географического общества, Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом Росгидромета, Институтом озероведения РАН, Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена, Санкт-Петербургским государственным университетом, Казанским (Приволжским) федеральным университетом и Северо-Восточным федеральным университетом им. М. К. Аммосова. На конференции, в которой приняли участие свыше ста ученых из российских и зарубежных институтов и университетов, обсуждался широкий спектр современных научных достижений в области реконструкций палеогеографических и палеоклиматических обстановок плейстоцена и голоцена Северного полушария. Во время работы конференции была организована школа молодых ученых, на которой читали лекции и вели семинары известные российские и зарубежные специалисты-палеолимнологи (<http://www.krc.karelia.ru/event.php?id=217&plang=r>). На совещании было принято решение сделать палеолимнологическую конференцию в нашей стране регулярной и проводить ее раз в два года. Следующая состоится в 2016 г. в Якутске.

Во втором выпуске серии «Лимнология» будут опубликованы регулярные статьи по широкому кругу актуальных вопросов озероведения.

Редакция серии «Лимнология» надеется, что наши коллеги из других регионов России заметят этот выпуск и примут активное участие в дальнейшем его наполнении. И как знать, может быть, серия положит начало появлению общероссийского журнала и станет одним из первых шагов на пути создания общества озероведов России.

*Ответственный редактор серии «Лимнология»,
чл. -корр. РАН, доктор географических наук
Н. Н. Филатов;*

*заместитель ответственного редактора серии «Лимнология»,
директор Института водных проблем Севера КарНЦ РАН, доктор географических наук
Д. А. Субетто*

ВОПРОСЫ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

УДК 565.324

КАРЦИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР КИЛОМЕТРОВЕОЕ 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

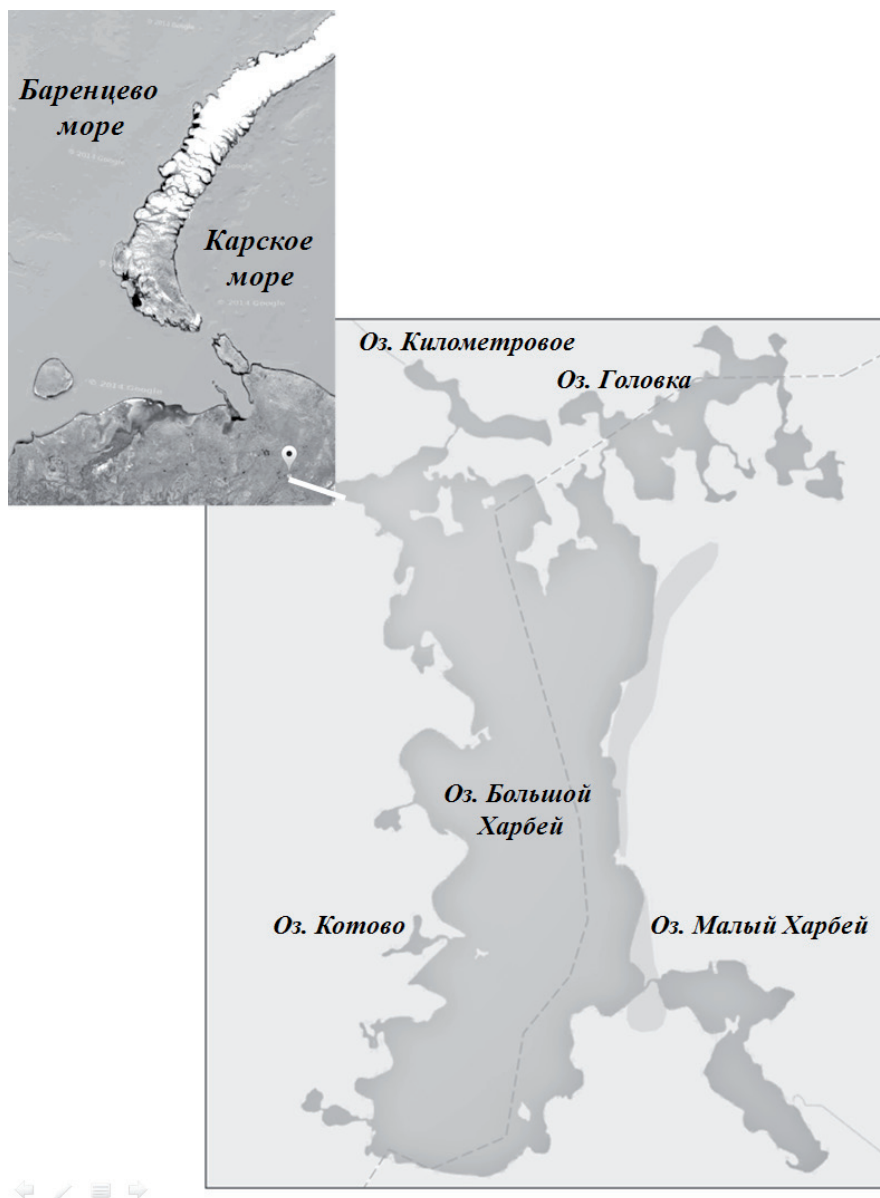


Рис. 1. Карта-схема расположения озер Харбейской системы

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
O_2 , мг/л	9,1	8,9
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°C [Горбацкий, 1967]. В восточной части Большеземельской тундры продолжительность теплого периода (с температурой воздуха выше 0°C) составляет 128 дней, продолжительность вегетационного периода (с температурой воздуха выше 5°C) – 91 день, в т. ч. с температурой выше 10°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 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 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

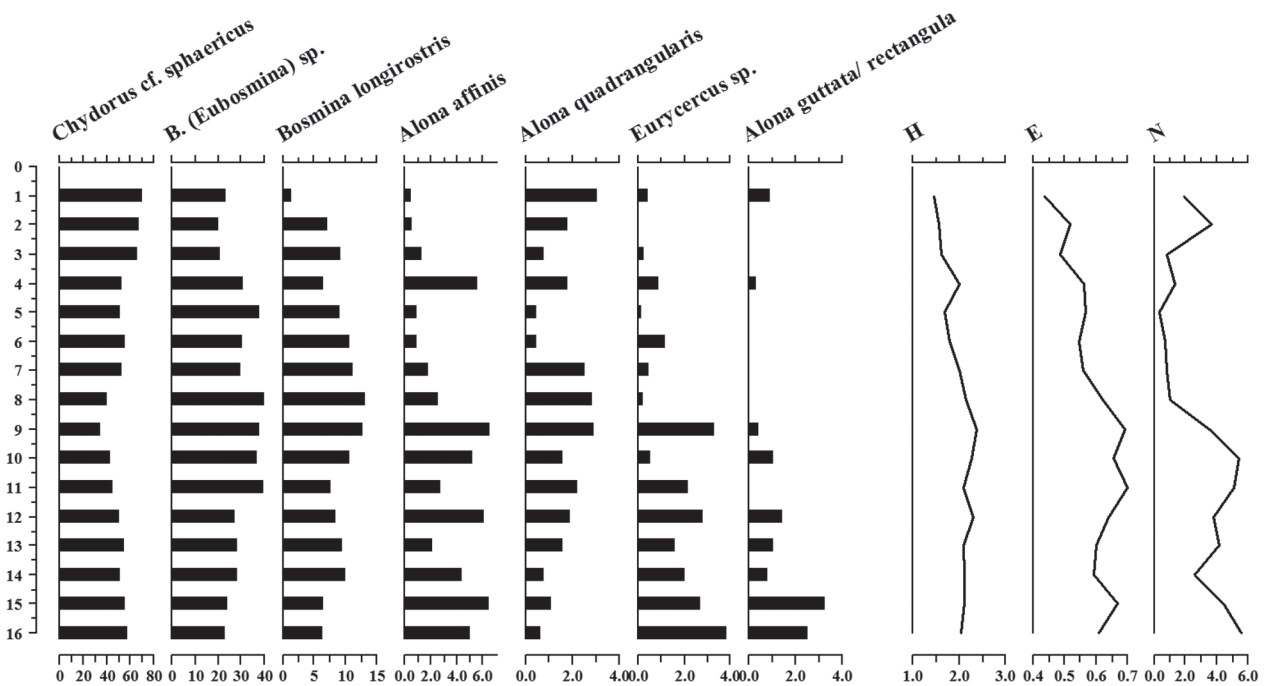


Рис. 2. Таксотанатоценоз донных отложений оз. Километровое

[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}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 ± 13 лет. Распределение содержания ^{210}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, являющемся предельным возрастным значением для ^{210}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

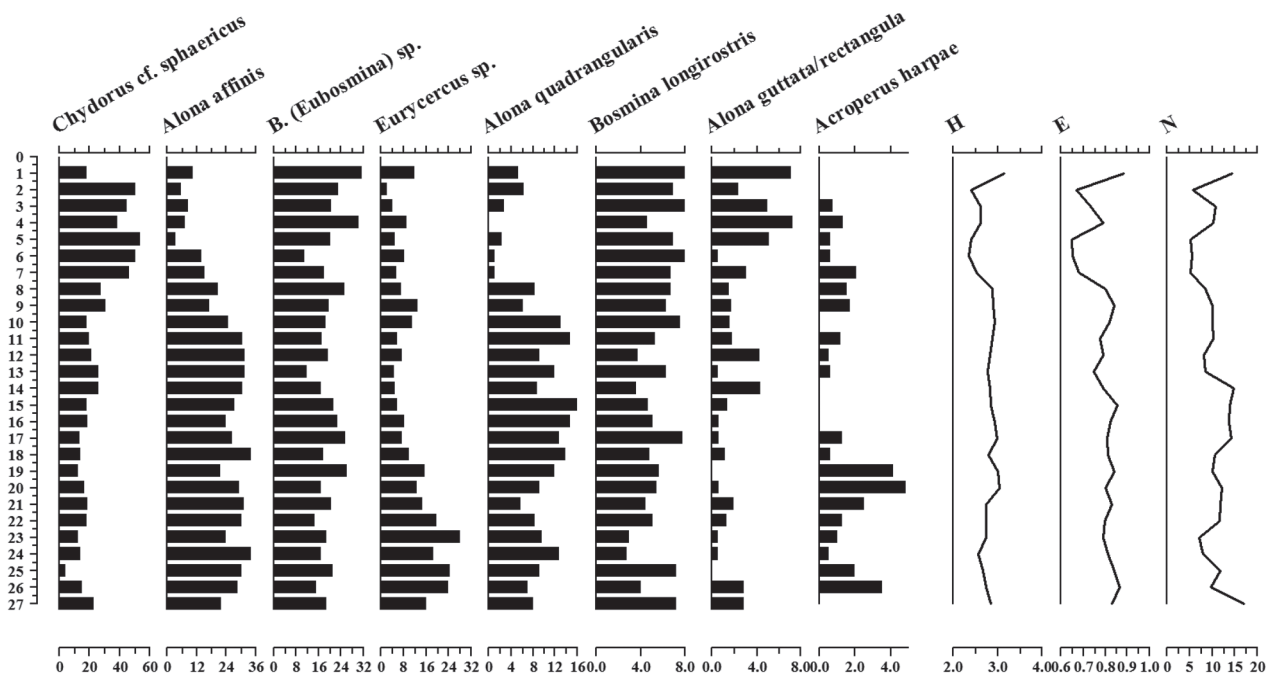


Рис. 3. Таксотанатоценоз донных отложений оз. Котово

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. Харбей озеру 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: *Limnoscia 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 [Frey, 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 кислотолюбивых видов, снижением видового богатства, изменениями общих показателей биомассы и численности кладоцер [Nilssen, Sando, 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 [Frey, 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, Tausendfüßer. 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 Cladocerans]. *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

УДК 569.614

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОСРЕДЫ НА МЕСТОНАХОЖДЕНИИ СЕЛЛЯХ, ЯНО-ИНДИГИРСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ, ЯКУТИЯ

В. В. Плотников, А. В. Протопопов, А. И. Климовский

Академия наук Республики Саха (Якутия)

Представлены данные о мамонтовой фауне местонахождения Селлях Усть-Янского улуса Республики Саха (Якутия). Местонахождение характеризуется в основном скоплением костных остатков *Mammuthus primigenius* Blumenbach, 1799. Остатки других крупных млекопитающих мамонтовой фауны представлены единичными находками трех видов – *Equus lenensis* Russanov 1968, *Bison sp.*, *Coelodonta antiquitatis* Blumenbach 1799. На местонахождении собрано 62 экземпляра костей от разных частей скелетов двадцати разновозрастных особей шерстистых мамонтов. Данные о возрастном и половом составе мамонтов, раскопанных в Селляхе, сходны с аналогичными данными семейной группы у современных африканских слонов *Loxodonta africana* Blumenbach 1797. Результаты радиоуглеродных датировок, проведенных в г. Гронинген (Нидерланды), коррелируются с концом позднего неоплейстоцена. Основой для реконструкции палеоландшафтов и климата послужил материал, отобранный из геологического разреза (зачистка разреза), заложенного на местонахождении.

Ключевые слова: шерстистый мамонт *Mammuthus primigenius* Blumenbach 1799, поздний неоплейстоцен, р. Селлях, структура группы, реконструкция палеосреды, спорово-пыльцевой анализ.

V. V. Plotnikov, A. V. Protopopov, A. I. Klimovskii. RECONSTRUCTION OF THE PALEOENVIRONMENT AT THE SELLYAKH SITE, YANO-INDIGIRKA LOWLAND, YAKUTIA

Data on the mammoth fauna of the Sellyakh site, located in Ust-Yansky Uluus, Republic of Sakha (Yakutia, Russian Federation) are presented. The site is characterized mainly by an aggregation of fossil remains of *Mammuthus primigenius* Blumenbach, 1799. Remains of other large mammals of the mammoth fauna are represented by a few finds representing three other species – *Equus lenensis* Russanov 1968, *Bison sp.*, *Coelodonta antiquitatis* Blumenbach, 1799. Sixty-two bones from different parts of the skeletons of twenty woolly mammoths of different age were collected from the site. Data on the age and sex structure of the mammoths from the site are similar to the corresponding data on modern African elephants *Loxodonta africana* Blumenbach 1797. AMS dating of mammoth bones (Groningen University, the Netherlands) correspond to the end of Late Neopleistocene. All palaeo-environment reconstructions are based on the original specimens obtained during field work at the Sellyakh Site.

Keywords: Woolly mammoth *Mammuthus primigenius* Blumenbach 1799, Late Neopleistocene, Sellyakh River, age profile, reconstruction of palaeo-environments, pollen analysis.

Введение

Междуречье Яны и Индигирки к северу от 71 градуса с. ш. является уникальным районом обнаружения остатков крупных млекопитающих позднего неоплейстоцена. За последние десятилетия на территории Усть-Янского улуса Республики Саха (Якутия) был выявлен ряд уникальных палеонтологических находок [Воесков et al., 2014]. Одной из причин возросшего числа открытий является активность местного населения в сфере традиционных промыслов – сборе бивня мамонта. Летом 2011 г. местные недропользователи – сборщики мамонтового бивня обнаружили на небольшом участке берега р. Селлях несколько мелкогабаритных костей и фрагменты черепов шерстистого мамонта. Кроме того, найденные ими бивни также были небольшого размера. После сообщения недропользователей в августе 2012 г. на р. Селлях была организована экспедиция Академии наук Республики Саха (Якутия).

Местонахождение Селлях расположено на правом берегу р. Селлях (верхнее течение) в 57 км к востоку от п. Тумат Усть-Янского улуса (70°46′05″ с. ш., 140°46′19″ в. д.) (рис. 1, I). Во время осмотра местонахождения и проведения раскопок участниками экспедиции было установлено, что кости залегают в одном слое почвы. Концентрация костей по горизонтали невелика, примерно 10–12 м. Глубина залегания

5–6 м от дневной поверхности. Около 99 % всех обнаруженных в Селляхе костей принадлежат шерстистому мамонту (*Mammuthus primigenius* Blumenbach 1799) (62 экз.). Остатки других крупных млекопитающих мамонтовой фауны представлены единичными находками трех видов – Ленская лошадь (*Equus lenensis* Rusanov 1968), первобытный бизон (*Bison* sp.), шерстистый носорог (*Coelodonta antiquitatis* Blumenbach 1799). Полученная в Университете Гронингена (Groningen University), Нидерланды, радиоуглеродная датировка одной из костей мамонта с Селляха показала возраст $12\,470 \pm 50$ лет (GrA-60 423), что соответствует бёллингскому колебанию климата конца позднего неоплейстоцена.

Высота берегового обрыва на обнажении Селлях около 9–10 м, протяженность 40–50 м (рис. 2, I). Обнажение, видимо, образовалось в 2010–2011(?) году, и на начальном этапе размыва берега его площадь была меньше (до 10 м). Впоследствии в результате термоэрозионных процессов местонахождение расширилось (горизонтально) (рис. 2, II). Многолетние льды тонким слоем (20–30 см) вертикально пронизывают обнажение в нескольких местах (см. рис. 2, II.9). Структура отложений указывает на принадлежность к едомной свите, распространенной в данном районе [Лазарев, Томская, 1987; Юкагирский мамонт..., 2007; Лазарев, 2008; Каплина, 2011].

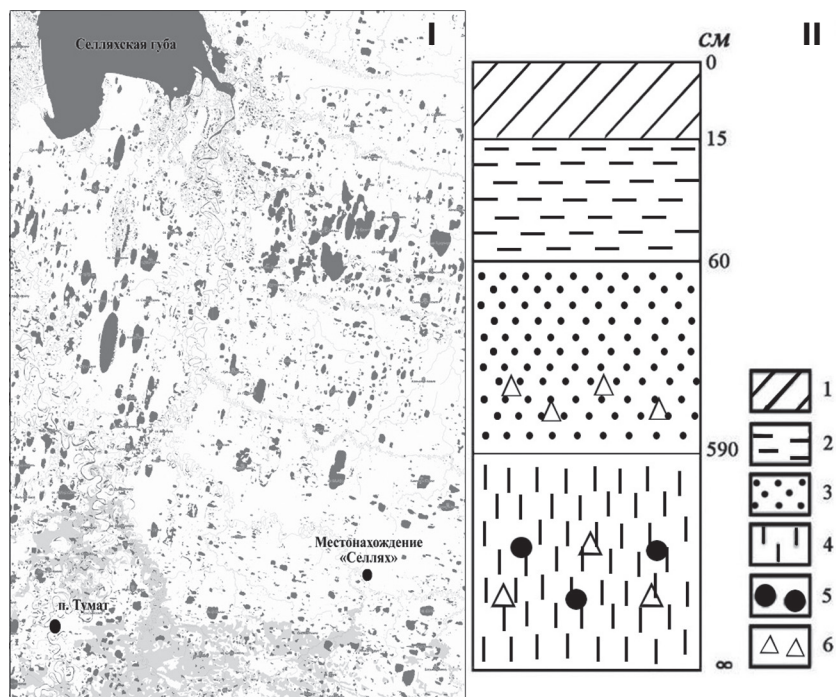


Рис. 1. Местонахождение Селлях, правый берег р. Селлях, верхнее течение, Усть-Янский улус РС (Я):

I – карта; II – схема геологического разреза (см): 1 – дерн, 2 – суглинок (рыхлый), 3 – супесь, 4 – суглинок (плотный), 5 – остатки ископаемых млекопитающих, 6 – остатки растительности

Скопления костей мамонтов в одном месте представляют большой интерес для палеонтологии. На таких местонахождениях необходимо исследовать возрастной состав погибших животных, время и причины образования этого скопления.

Материалы и методы

Собранный на Селляхе палеонтологический материал выпал из берегового обнажения в результате термоабразии и солифлюкции. Часть материала была собрана непосредственно из слоя при раскопках. Измерения проводились рулеткой (точность 1 мм) и электронным штангенциркулем (точность 0,01 мм). Для определения возрастного и полового состава, а также размерной изменчивости в группе были использованы материалы из работы Е. Н. Машенко [Maschenko, 2002].

Для выводов о составе растительности и возможных условиях ее произрастания послужил материал (пробы на спору и пыльцу), отобранный из зачистки заложенного на местонахождении разреза. Техническая обработка проб проводилась по стандартной

сепарационной методике В. П. Гричука [1978] с использованием 10 % HCL, 10 % NaOH, 15 % HF и ацетолизной смеси. Микрозерна определялись во временных препаратах (в глицериновой среде). Исследования производились с помощью светового микроскопа МИКМЕД (БИОЛАМ). При вычислении процентного участия каждого пыльцевого и спорового таксона за 100 % принята вся сумма пыльцы и спор, зарегистрированных на определенной площади препарата, покровное стекло размером 24 x 24 мм. Для уточнения диагностики микрозерен отдельных таксонов использовалась коллекция пыльцы современных растений, а также атласы-определители по пыльце современных и ископаемых растений. Спорово-пыльцевой анализ проведен в Палинологической лаборатории ЦГЛ ГУГГП РС (Я) «Якутскгеология» Бакулиной Н. Т. и Фартунатовой Л. М.

Исследованный материал из местонахождения Селлях включал костные остатки *M. primigenius* с полевыми номерами: бивень (Т-1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8); череп (SL-1, -2, -3); нижняя челюсть (SL-4, -5, -72, -92, -93); лопатка (SL-10, -11, -13, -14, -33, -12, -32, -77); плечевая кость (SL-15, -16, -18, -71, -17, -19);

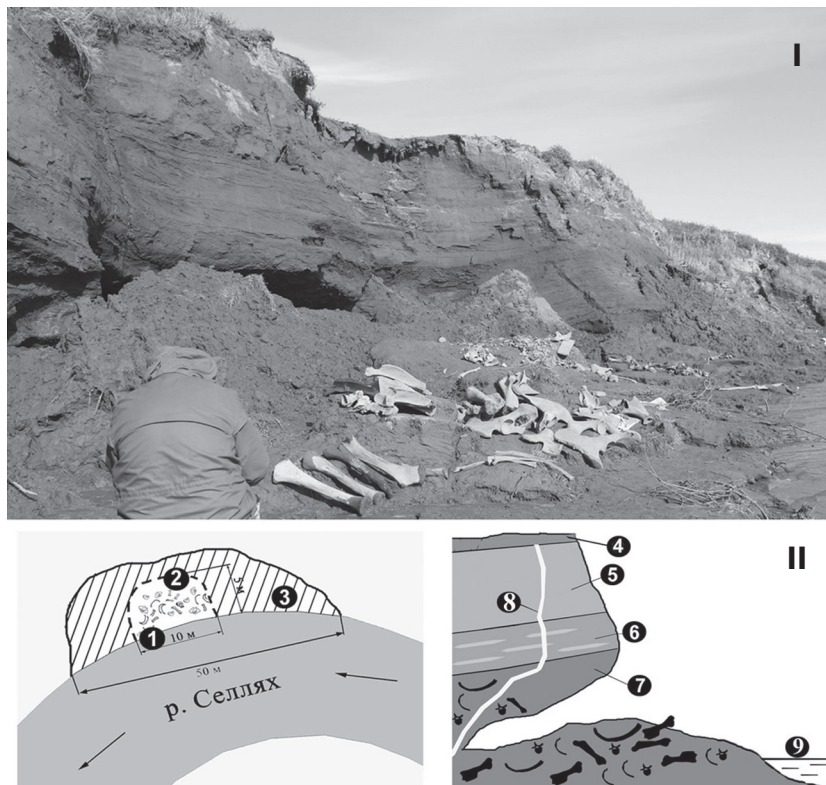


Рис. 2. Общий вид и схематическое расположение остеологического материала:

I – обнажение на правом берегу р. Селлях; II – продольный разрез местонахождения и схема расположения костей. 1 – урез речной воды; 2 – предполагаемая граница расположения костных остатков; 3 – расширенный вследствие термоабразии участок местонахождения без костных остатков; 4 – современный слой; 5 – суглинок светло-серого цвета; 6 – супесь с прослойками светлого песка; 7 – суглинок темно-серого цвета, костеносный горизонт; 8 – тонкий лед, пронизывающий вертикально почвенные горизонты; 9 – уровень речной воды

Таблица 1. Описание геологического разреза местонахождения

№ слоя	Литология	Мощность (см)	Глубина (см)
	Дерновый слой	10–15	0–15
SL-0	Суглинок с содержанием растительности (корни). Цвет почвы светло-серый. Состав почвы пылеватый, рыхлый влажный	50–60	15–60
SL-1(1) SL-1(2)	Супесь темно-серая с коричневым оттенком, мелкозернистая. Прослой светлых более супесчаных и темных более суглинистых отложений, пронизанных тонкими корнями трав. Местами прослеживается горизонтальная слоистость. Жильный лед тонкий, вертикально пронизывает все горизонты. Встречаются локальные небольшого размера линзы прозрачного льда. На глубине 5,2 м (отдельная проба SL-1. 520 см гл.) имеются осадки погребенной почвы с сохранившимися остатками растительности. Почва влажная. Имеются красные пятна ожелезнения	530	60–90
SL-2	Суглинок темно-серый с нитевидными корешками. Отложения плотные, в нижней части мерзлые. Костеносный слой	∞	90∞

большая берцовая кость (SL-20, -21, -22, -23, -24, -51, -52, -89, -90); бедренная кость (SL-25, -26, -27, -28, -50, -78, -79, -82, -83, -49, -80, -81, -84); первый шейный позвонок (SL-29, -30, -68, -70); локтевая кость (SL-31, -53, -85, -86, -87, -88).

Обозначения генераций зубов мамонтов: I – бивень постоянной (второй) смены.

Значения полевых номеров: Т – п. Тумат; SL – Селлях.

В работе использованы подразделения четвертичной системы согласно постановлению Межведомственного стратиграфического комитета (1998), по которому нижний неоплейстоцен располагается в пределах 1,8–0,8 млн лет. Средний неоплейстоцен по этой шкале располагается в пределах 0,8–0,13 (0,12) млн лет, а верхний неоплейстоцен – 0,13 (0,12) – 0,01 млн лет; период начала голоцена – 0,01 млн лет.

Сокращения:

ПИН – Палеонтологический институт РАН;

ЗИН – Зоологический институт РАН;

ИЭМ – Ибресинский этнографический музей;

ЦГЛ ГУГПП РС (Я) «Якутскгеология» – Центральная геологическая лаборатория Государственного унитарного горно-геологического предприятия Республики Саха (Якутия) «Якутскгеология».

Результаты палинологических исследований

Район исследования по геоботаническому районированию входит в зону субарктических тундр [Андреев и др., 1987]. Здесь доминируют влагилищнопушициевые зеленомошные растительные ассоциации с участием гипоарктических кустарничков и арктических ив, образуя

полигонально-валиковые тундрово-болотные комплексы. На местонахождении был заложен геологический разрез и отобраны четыре пробы на спорово-пыльцевой анализ из слоев, указанных в таблице 1.

Все пробы содержат полные спорово-пыльцевые спектры. Анализ изменения характера спектров отложений позволяет выделить три фазы развития растительного покрова.

1 фаза развития растительности соответствует периоду накопления суглинка темно-серого с нитевидными корешками, в нижней части разреза интервал 90∞ см (проба SL-2). Концентрация пыльцы и спор в пробе средняя, 291 зерно набрано в одном препарате.

Характерной особенностью спектра из этой толщи является абсолютное доминирование в общем составе спектра пыльцы травянистых растений (94,5 %) при подчиненном значении пыльцы древесно-кустарниковых (3,3 %) и споровых (2,2 %) растений.

В составе пыльцы трав большую роль играет пыльца семейства злаковых (*Poaceae*) (46,8 %), которая представлена пятью морфологическими разновидностями. Видовой состав пыльцы разнотравья довольно богат. Он представлен в заметных количествах пыльцой растений, встречающихся в ксерофитных сообществах, обычных для сухих местообитаний – степей, сухих лугов, осыпей, солонцеватых лугов, щебнисто-каменистых склонов и т. д. К ним относится разнообразная пыльца полыней (*Artemisia*) (18,3 %), в составе которой определена пыльца полыни Тилезиуса (*A. tilesii* Ledeb 1815), полыни Якутской (*A. jacutica* Drob 1914), полыни-эстрагона (*A. dracunculus* Lietuviskai 1753), *A. spp.*; большая часть пыльцы семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae*) (10,0 %): зорьки сибирской (*Lychnis sibirica* Lietuviskai

1753), минуарции арктической (*Minuartia arctica* (Stev.) Asch.), звездчатки (*Stellaria* sp.), смолевки ползучей (*Silena repens* Lietuviskai 1753), пыльца представителей семейства астровых (*Asteraceae*) (2,4%), подсемейства цикориевых (*Cichoriaceae*), а также единичная пыльца маревых (*Chenopodiaceae*), бобовых (*Fabaceae*). Из пыльцы лугово-степных растений присутствует пыльца лютиковых (*Ranunculaceae*), гречишниковых (*Polygonaceae* (*Rumex* sp.)), розоцветных (*Rosaceae* (*Potentilla* sp., *Sanguisorba officinalis*)), зонтичных (*Umbelliferae*), валериановых (*Valerianaceae* (*V. capitata*)), синюховых (*Polemoniaceae* (*P. boreale*)). В заметных количествах присутствует пыльца умеренно-влажных и влажных местообитаний – осоковых (*Cyperaceae*) (7,3%).

Бедная в количественном и качественном составе древесно-кустарниковая группа представлена единичными пыльцевыми зёрнами лиственницы *Larix*, кедрового стланика (*Pinus pumila* Regel 1859), ольховника (*Alnaster*), березы Миддендорфа (*B. middendorffii*) и березы тощей (*B. exilis*).

В небольшой группе споровых растений наряду с единичными спорами печеночных (*Hepaticae+Riccia*), сфагновых (*Sphagnum*) мхов, растениями более или менее влажных местообитаний встречены споры из семейства папоротниковых (*Polypodiaceae*) и плаунов сибирских (*Sellaginella sibirica*) – растений, предпочитающих более ксерофитные местообитания. Поле препарата покрыто мелкими и крупными растительными остатками, редкими углистыми и минеральными частицами. Отмечаются зеленые водоросли рода (*Spirogira*), обитающие в пресноводных водоемах, различные споры грибов.

По приведенным данным можно предположить, что во время формирования толщи суглинков в растительном покрове широкое распространение имели ландшафты открытого типа. Комплекс флористического состава травянистой растительности был очень разнообразным, он свидетельствует о своеобразном мозаичном чередовании ксерофитных, мезофитных, гигрофитных условий, в которых обитали растения. Небольшое количество пыльцы лиственницы тем не менее свидетельствует о распространении здесь лиственничных лесов. Подобный состав растительности характерен для холодных и аридных этапов позднего неоплейстоцена и, судя по датировке костей из костеносного слоя, соответствует интерстадиалу «бёллинг».

Выше по разрезу, интервал 60–90 см (глубина отбора пробы SL-1(1) 520 см), определен

спектр, сходный по своим параметрам с вышеописанным. Содержание микрозерен в пробе составляет 321 зерно.

В составе спектра также доминирует пыльца трав и кустарничков (86,8%), где основной фон создает пыльца злаковых (28,3%), разнообразие которых доходит до 8 видов, и полыней (20,8%), разнообразие – до 5 видов. Пыльца второстепенных травянистых растений, довольно разнообразная по составу, встречается в основном в пределах 1,0–5,0% и указывает на существование растительных сообществ, отражающих различные условия обитания, – ксерофиты, гигрофиты и растений, обладающих широкой экологической амплитудой: гвоздичные (*Caryophyllaceae*), камнеломковые (*Saxifragaceae*), гречишные (*Polygonaceae*), лютиковые (*Ranunculaceae*), василистник (*Thalictrum*), сложноцветные (*Asteraceae*) (11,0%), соснуря (*Saussurea*), цикориевые (*Cichoriaceae*), розоцветные (*Rosaceae*), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), зонтичные (*Umbelliferae*), вересковые (*Ericales*), кипрейные (*Onagraceae*), осоковые (*Cyperaceae*), лилейные (*Liliaceae*), маревые (*Chenopodiaceae*).

В группе древесно-кустарниковых растений, составляющей всего 7,1%, отмечается единичная пыльца кедрового стланика, сосны обыкновенной, ольховника, березки тощей, Миддендорфа и ивы. Присутствие пыльцы сосны обыкновенной и кедрового стланика можно считать заносным, учитывая их летучесть.

В составе споровых (6,3%) растений кроме спор печеночных мхов (*Hepaticae+Riccia*), сфагна (*Sphagnum*), селлагинеллы сибирской (*Sellaginella sibirica*), многоножковых (*Polypodiaceae*) появляются единичные споры зеленых мхов (*Bryales*) и тундровые виды плаунов (*Lycopodium pungens*).

Кроме пыльцы и спор встречаются различные по форме и размерам сферы, зеленые водоросли рода *Spirogira* и *Pediastrum*, напочвенные грибы *Fungi* и единичная пыльца палеогеновых хвойных.

Спектр, полученный из этого интервала, мало отличается от вышеописанного спектра. По приведенным данным, растительный покров в указанном интервале существенных изменений не претерпел. Он отражает растительность тундростепей, где эдификаторами выступали злаково-полынные сообщества. Древесная и споровая растительность играла весьма незначительную роль.

Климат, вероятно, был холодный и относительно сухой.

Время формирования осадков, возможно, один из холодных этапов каргинского межледникового.

2 фаза. Выше по разрезу в толще супесей (интервал 60–90 см, проба № SL-1(2)) определен спектр с несколько повышенным содержанием древесно-кустарниковых (20,9 %) и споровых (26,6 %) растений. Первая группа представлена в основном пылью кустарниковых форм березы (18,8 %): *Betula exilis*, *B. middendorffii*, *B. sp.* В виде единичных зерен встречается пыльца ольховника и древовидной березы.

В группе трав и кустарничков (52,5 %), которая по-прежнему преобладает в спектре, продолжает доминировать пыльца семейства злаковых (23,0 %) и полыней (12,2 %), а пыльца разнотравья стала значительно бедней. Отмечается лишь пыльца ксерофитов: гвоздичных (*Caryophyllaceae*) (3,6 %), астровых (*Asteraceae*) (6,5,0 %) и цикориевых (*Cichoriaceae*).

В группе спор существенно повысилось содержание зеленых мхов *Bryales* (15,2 %), печеночных мхов (7,9 %) (*Hepaticae+Riccia*). Остальные компоненты встречаются в небольших количествах: плаунок сибирский (*Sellaginella sibirica*), хвощ (*Equisetum*), папоротники из семейства *Polypodiaceae*.

Поле препарата сплошь в минеральных частицах, встречаются редкие растительные остатки, зеленые водоросли рода *Pediastrum* и напочвенные грибы *Fungi*.

Состав пыли и спор свидетельствует о том, что во время накопления толщи супесей в растительном покрове преобладали открытые ландшафты, состоявшие из злаково-попынно-разнотравных ассоциаций. Довольно значительные площади занимали кустарниковые сообщества, на пониженных формах рельефа – травяно-болотистые формации.

Климат холодный и относительно влажный. Время формирования осадков, возможно, один из этапов сартанского оледенения.

3 фаза развития растительности определена в интервале 15–60 см (проба № SL-0) в толще суглинков. Спектр, полученный из этой толщи, имеет совершенно иной характер, чем вышеописанные спектры. Он характеризуется высокой концентрацией зерен (742), очень хорошей степенью сохранности пыли и спор. В составе спектра с небольшим перевесом преобладает пыльца древесно-кустарниковых растений (49,1 %) над группой травяно-кустарниковых (45,8 %). Споры составляют всего 5,1 %.

В первой группе абсолютное большинство составляет пыльца мелколиственных покрытосеменных (46,6 %), среди которых

доминирующее положение занимает пыльца кустарниковых берез (30,9 %): *Betula exilis*, *B. middendorffii*, *B. sp.* На втором месте пыльца древовидных берез (10,7 %), в составе которых отмечается пыльца: *Betula sect. Albae*, *B. platyphylla*, *B. spp.* Меньше пыли ольховника (4,7 %) и ивы (0,3 %). Роль пыли хвойных невелика (2,5 %), среди них больше пыли кедрового стланика *Pinus pumila* (1,8 %), меньше пыли лиственницы *Larix*, единична пыльца ели *Picea* и сосны обыкновенной *Pinus silvestris*.

В группе трав и кустарничков также наблюдается смена доминантов, здесь ведущее место занимает уже пыльца верескоцветных *Ericales* (23,7 %). Содержание пыли злаковых (8,3 %) и полыней (6,4 %) резко сокращается. В составе пыли разнотравья встречаются: многоножковые (*Polygonaceae*), горец четырехраздельный (*P. tripteracarpum*), валериана головчатая (*Valeriana capitata*), астровые (*Asteraceae*), цикориевые (*Cichoriaceae*), лилейные (*Liliaceae*).

В группе споровых растений в небольшом количестве появились споры сфагновых мхов и споры *Meesia* из зеленых мхов.

В поле препарата встречается много светлых растительных остатков, зеленые водоросли рода *Spirogira* и *Pediastrum*, спикеры губок и переотложенная мезозойская пыльца хвойных *Coniferae indet*, споры *Leiotriletes* и кайнозойская пыльца широколиственных *Juglandaceae*, *Carpinus sp.*

Спектр, полученный из этого интервала, отражает растительность совершенно иного характера, чем в предыдущих этапах. В растительном покрове широкое развитие получили кустарниковые формации, состоящие в основном из мелких берез. В меньшей степени в составе кустарников участие принимали ольховник, ивы и кедровый стланик. Единичное присутствие пыли лиственницы, которая очень плохо сохраняется в осадках, может указывать на распространение лиственничных редколесий. Довольно высокое содержание пыли древовидной березы говорит о былом существовании этой породы на данной территории. Возможно, часть пыли березы может быть заносной (пыль разносится воздушными течениями на расстояние 600–1000 км) [Куприянова, 1951]. Присутствующую пыльцу ели можно считать переотложенной, поскольку она обладает относительно слабой летучестью. Что касается сосны обыкновенной, то пыльца этого растения способна переноситься на огромные расстояния. Учитывая такое свойство, можно считать, что в спектрах исследованных осадков она является заносной.

Таблица 2. Промеры фрагментов черепов (cranium)

Промеры (мм)	№ SL-1	№ SL-2	№ SL-3	Ляховский мамонт [Тихонов, 1996]	Березовский мамонт [Герц, 1902]	Таймырский мамонт [Аверьянов, 1994]	Моховский мамонт [Аверьянов, 1994]
Ширина мыщелков по внешним краям	182	~190	-	195	205	239	233
Ширина/высота мыщелка	58/84	56/69	78/70	95/80	85/75	92/84	80/78
Возраст (лет)	25–30	25–30	40–50	25–30	40–50	40–50	40–50

Таблица 3. Размеры бивней (incisivi)

Промеры (мм)	T-1 sin Самка	T-5 dex Самка	T-6 dex Самец	T-7 sin Самец	ПИН 4353–687 самка [Maschenko, 2002]	ПИН 4353–3567 самка [Maschenko, 2002]	ПИН 4353–3566 самец [Maschenko, 2002]	ПИН 4353–3565 самец [Maschenko, 2002]
Максимальный диаметр	58,89	66,62	97,30	90,20	57,0	89,0	101,0	96,0
Длина альвеолярной части	420,0	490,0	980,0	490,0	280,0	480,0	590,0	-
Длина по большой кривизне	985,0	1118,9	1430,0	1140,0	770,0	1260,0	1430,0	1480,0
Возраст (лет)	18–25	25–35	50	50	17	60	50	50

В целом растительность представляла собой лиственничные редколесья с участием древовидной березы и мощным кустарниковым ярусом. Такая существенная перестройка в растительном покрове обусловлена улучшением климатических условий в голоценовое время.

Обсуждение

У большинства длинных костей конечностей мамонтов не сохранились эпифизы. Немногочисленность обнаруженного костного материала Селляха указывает на то, что формирование местонахождения происходило за небольшой по сравнению, к примеру, с Берелехским «кладбищем» мамонтов промежуток времени. Накопление костного материала, как и на Берелехском местонахождении, шло не избирательно и сопровождалось привнесением костей других видов млекопитающих мамонтовой фауны. Например, на Берелехе количество костей других видов млекопитающих составляет около 8 % от общего количества костей, собранных на этом местонахождении [Maschenko, 2002]. Все костные остатки были собраны с ограниченной площади 10 x 5 м и на глубине около 5,9–7 м, чуть выше уровня речной воды, в одном горизонте (рис. 2, II). Следов обработки костей древним человеком нет.

По размерам затылочных мыщелков мамонты из Селляха меньше других особей с северо-востока Якутии [Boeskorov et al., 2014; Аверьянов, 1994; Roth, Shoshani, 1988] (табл. 2). Например, их затылочные мыщелки мельче, чем у Ляховского мамонта (самца) с генерацией зубов M1-M2 и с индивидуальным возрастом около 25–30 лет [Тихонов, 1996]. По этим данным можно предполагать, что черепа особей из Селляха принадлежат либо более молодым, либо более мелким особям (самкам).

Бивни (I), ранее найденные на этом местонахождении недропользователями, были перевезены в п. Тумат, где и проводились их исследования. Из общей выборки (8 бивней) для сравнения и определения параметров подходят экз. T-1, T-5, T-6, T-7. Экз. T-1 и T-5 сопоставимы с размерами экз. ПИН 4353–687 (инд. возр. 17 лет, самка) и ПИН 4353–3567 (инд. возр. 60 лет, самка), а экз. T-6 и T-7 сопоставимы с размерами таковых ПИН 4353–3566 (инд. возр. 50 лет, самец) и ПИН 4353–3565 (инд. возр. 50 лет, самец). Можно предположить, что по размерам экз. T-1 и T-5 принадлежат самкам. Возможный индивидуальный возраст для них 18–35 лет, а экз. T-6, T-7 – самцам до 50 лет (табл. 3).

По результатам исследований Н. К. Верещагина и А. Н. Тихонова [1986], а также по статистическим данным И. Е. Кузминой и С. А. Цыгановой [Kuzmina, Tsyganova, 1999], в Якутии

Таблица 4. Размеры нижнечелюстных костей (mandibula)

Промеры (мм)	SL-4	SL-5	SL-72	SL-92	SL-93	SL-94	ЗИН 31 736 [Аверьянов, 1994]	ПИН 2323–12 [Maschenko, 2002]	Хомский мамонт [Петрова, 2009]
Высота восходящей ветви	232	-	270	-	-	-	-	-	-
Передне-задняя длина восходящей ветви выше уровня жевательной поверхности	337	-	200	-	-	-	255	-	-
Передне-задняя длина восходящей ветви на уровне жевательной поверхности	195	-	210	-	-	-	-	-	-
Ширина межальвеолярного гребня	154	117	175	-	-	197	-	-	-
Высота горизонтального отдела под средним функционирующим зубом	104	78	103	105	90	110	135	-	148
Длина между передним краем симфизного отростка и передним краем альвеолы	131	63	80	-	-	-	180	-	225
Длина между горизонтальной веткой (на уровне заднего края альвеолы)	119	-	-	-	-	-	-	-	-
Ширина межгоризонтальных веток на уровне переднего края альвеолы	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Наибольшая ширина симфиза	66	56	60	55	62	65	-	-	-
Длина симфиза	83	63	100	100	90	139	-	63	-
Наибольшая ширина горизонтальных ветвей	376	-	-	-	-	-	-	-	-
Максимальная длина нижней челюсти	410	-	-	-	-	-	-	-	-
Ширина суставной головки восходящей ветви	62	-	60	-	-	-	60	-	71.8
Максимальная ширина коронки	58,0	-	53,14	-	-	-	93,0	-	85,0
Длина между пластинами	2,71	-	1,78	-	-	-	-	-	-
Ширина пластины	53,2	-	38,06	-	-	-	-	-	-
Длина коронки	116,0	-	114,0	-	-	-	-	-	-
Число пластин	13	-	12	-	-	-	18	-	13
Возраст (лет)	25–35	8–11 мес.	25–35	25–35	25–35	25–35	40–50	8–11 мес.	28–35

бивни самок ($n = 93$) в возрасте 18–65 лет имели диаметр 40–93 мм, в среднем 76 ± 1 мм. Диаметр бивней самцов ($n = 85$) в возрасте 25–73 лет достигал 89–180 мм и в среднем составлял 132 ± 2 мм [Кузьмина, 2000].

На местонахождении были обнаружены пять нижних челюстей мамонтов разной степени развития и сохранности. Только на двух экземплярах (SL-4, SL-72) сохранились зубы

(dp4-M1). Эти два образца примерно одного возраста (табл. 4). Результат сравнения нижних челюстей с другими подобными находками [Воллосович, 1914; Аверьянов, 1994; Петрова, 2009] показал, что исследуемые образцы соответствуют возрастным критериям от 2 до 5–6 и до 13–35 лет.

Два шейных позвонка (SL-29, SL-70) имеют практически одинаковые размеры.

Таблица 5. Промеры первых шейных позвонков (atlant)

Промеры (мм)	SL-29	SL-68	SL-69	SL-70	ПИН 4353–633 [Maschen- ко, 2002]	Хомский ма- монт ИЭМ 1281 [Петро- ва, 2009]	ЗИН 31 736 [Аверья- нов, 1994]
Основная ширина	310	220	240	275	175	380	386
Ширина верхней невральнoй дуги (по верхнему краю)	148	119	117	85	104	181	138
Высота и ширина суставной поверхности	79/80	65/66	75/62	75/59	74/58	-	-
Высота и ширина спинномозгового канала	51/76	-	70/84	56/81	-	-/79	-/93
Высота и ширина поперечного канала	18/22	-	17/-	9/22	52/89 (?)		-
Наибольшая высота	165	-	165	165	133 (?)	244	190
Длина между внешними краями суставных поверхностей	208	-	150	175	130	220	236
Длина боковой лопасти	47	-	-	-	25	-	-
Наибольшая ширина тела	216	-	-	-	125	-	-
Передне-задняя длина позвонка	78	-	-	-	47	84	76
Возраст (лет)	25–28	9–12	17–25	17–25	6–7	28–35	40–50

Таблица 6. Промеры лопаточных костей (scapula)

Промеры (мм)	SL- 10 dex	SL- 11 dex	SL- 12 sin	SL- 13 dex	SL- 14 dex	SL- 32 sin	SL- 33 dex	SL- 77 sin	ПИН 4353–881 [Maschen- ко, 2002]	Ляхов- ский мамонт, [Тихонов, 1996]	Бере- зовский мамонт [Герц, 1902]	Юри- бийский мамонт [Дубро- во, 1982]
Макс. дли- на лопатки	562	625	640	564	370	530	575	-	238	710	795	574
Длина верхне- го края лопатки	510	570	525	-	375	-	-	-	-	600	665	530
Передне- задняя длина гле- ноидной впадины	175	160	180	165	115	203	220	220	94	180	191	154
Передне- задняя длина шейки лопатки	180	190	190	189	127	180	200	177	88	210	221	173
Возраст (лет)	17–25	25–30	25–30	17–25	6–7	17–25	17–25	17–25	1	25–30	40–50	17–25

Предположительно, экз. SL-29 принадлежал самцу, т. к. дорсальный бугор и шероховатость на дорсальной дуге атланта у самцов значительно сильнее развиты, поскольку здесь крепятся мышцы, поддерживающие их более тяжелую голову с большими бивнями; у самок эти структуры развиты слабее [Аверьянов, 1994] (табл. 5).

Лопатки представлены четырьмя правыми (SL-11, SL-13, SL-14, SL-33) и тремя левыми

(SL-12, SL-32, SL-77) экземплярами. Образцы с Селляха по большей части размеров уступают таковым Ляховского (25–30 лет, генерация зубов M1-M2) и Березовского (40–45 лет, генерация зубов M2-M3) мамонтов (табл. 6). Размеры исследуемых образцов сопоставимы с таковыми Юрибейского мамонта (инд. возр. не более 16–17 лет) [Дуброво, 1982; Машченко и др., 2006; Mashchenko et al., 2006].

Таблица 7. Промеры плечевых костей (humerus)

Промеры (мм)	SL-15 без прокс. эпифиза in	SL-16* sin	SL-17* sin	SL-18* sin	SL-19* dex	SL-71 sin	ПИН 4353–630 [Maschenko, 2002]	ЗИН 31 736 [Аверьянов, 1994]	ЗИН 2710 (неотип) [Воллосович, 1914]
Длина диафиза	540	530	500	560	580	600	426	-	-
Медиально-латеральная ширина дистального конца	190	-	-	-	-	230	180	275	259
Ширина диафиза	90	90	80	80	90	100	-	116	215
Медиально-латеральная ширина проксимального конца	138	-	-	-	-	215	140	-	-
От латерального мыщелка до верхней точки головки	-	-	-	-	-	770	-	-	-
Длина между латеральным краем дистального мыщелка до латерального края надмыщелкового бугра	255	-	-	-	-	280	-	-	-
Основная длина	~720	~710	~680	~740	~760	780	560	974	838
Возраст (лет)	25–35 (?)	25–35 (?)	15–25 (?)	25–35 (?)	25–35 (?)	25–35 (?)	6–7	40–50	40–50

Примечание. *без эпифизов.

Таблица 8. Промеры локтевых костей (ulna)

Промеры (мм)	SL-31* sin	SL-53* sin	SL-85* sin	SL-86* sin	SL-87* sin	SL-88* sin (?)	Ляховский мамонт, [Тихонов, 1996]	Березовский мамонт [Герц, 1902]	Юрибейский мамонт [Дуброво, 1982]	ЗИН 31 744 (4) [Петрова, 2009]
Длина диафиза	360	395	-	409	350	400	720	778	-	307
Ширина проксимальной суставной поверхности	180	166	149	174	190	-	210	205	176	-
Мин. ширина диафиза	90	73	63	70	80	66	99	103	72	42
Ширина дистального конца	-	-	-	110	~104	-	200	175	114	76
Ширина локтевого отростка	65	70	96	65	73	-	-	-	-	-
Возраст (лет)	17–25	17–25	15–16	9–12	17–25	9–12	25–30	40–50	17–25	6–7

Примечание. *без дистального эпифиза.

Размерно-возрастной показатель плечевых костей с местонахождения варьирует от 15 до 35 лет (табл. 7). Исследуемые образцы по размерам превосходят 6–7-летнего мамонта с Русской равнины ПИН 4353–630 и уступают

мамонтам с р. Моховая ЗИН 31 736 и Мамонтова ЗИН 2710, индивидуальный возраст которых составляет 40–50 лет.

Размеры локтевых костей показывают, что изменчивость этих костей попадает в рамки

Таблица 9. Размеры бедренных костей (femur)

Промеры (мм)	SL-25 dex	SL-26 dex	SL-27 dex	SL-28 dex	SL-50 dex	SL-78 sin	SL-79 dex	SL-82 sin	SL-83 dex	SL-49 sin	SL-80 sin	SL-81 sin	SL-84 sin	ПИН 4353-419 [Maschenko, 2002]	Ляховский мамонт [Тихонов, 1996]	Хомский мамонт [Петрова, 2009]	ЗИН 31 736 [Аверьянов, 1994]
Ширина проксимальной суставной головки	120	115	-	~140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	150	150	156
Длина диафиза	660	680	-	760	680	-	-	-	-	730	650	680	-	450	1000	970	1192
Минимальная ширина диафиза	85	100	105	115	107	79	109	93	115	105	89	90	110	66	130	125	147
Ширина дистального конца	195	178	-	220	180	-	-	-	-	182	-	-	-	124	250	-	-
Ширина фасетки коленной чашечки	-	-	-	-	90	-	-	-	-	84	-	-	-	-	-	116	124
Ширина проксимального суставного блока	-	-	-	-	150	-	-	-	-	84	-	-	-	-	-	-	225
Возраст (лет)	9-17	9-17	9-17	11-20	9-17	9-17	9-17	9-17	11-20	11-20	9-17	9-17	11-20	6-7	25-30	28-35	40-50

Таблица 10. Промеры больших берцовых костей (tibia)

Промеры (мм)	SL-20 dex	SL-21 sin	SL-22 dex	SL-23 sin	SL-24 sin	SL-51 sin	SL-52 dex	SL-89 sin	SL-90 sin	ПИН 4353-625 [Maschenko, 2002]	ПИН 4353-873 [Maschenko, 2002]	ЗИН 2710 (нео-тип) [Воллосович, 1914]
Длина диафиза	425	297	410	390	230	395	365	332	390	340	240	-
Минимальная ширина тела	84	65	76	79	73	77	78	65	80	58	45	86
Медиа-латеральная ширина проксимального конца	155	130	170	152	150	180	165	130	154	135	98	224
Медиа-латеральная ширина дистального конца	135	110	148	130	134	135	124	105	128	110	83	166
Основная высота	~515	~387	~500	~480	~320	485	~455	~422	~480	-	-	522
Возраст (лет)	до 40	4	до 40	35-40	3-4	35-40	35-40	6-7	35-40	6-7	3-4	40-50

Таблица 11. Предполагаемое количество особей (по левым и правым костям)

Кол-во особей	Сторона	Tibia	Femur	Ulna	Humerus	Scapula	Atlant	Incisive	Mandibula	Cranium	Возможный индивидуальный возраст (лет)
1	dex								♦		1-6
	sin	♦				♦					
1	dex										1-6
	sin	♦									
1	dex										1-6
	sin	♦									
1	dex										1-6
	sin	♦									
1	dex				♦	♦	♦	♦	♦	♦	20-30
	sin			♦	♦	♦	♦	♦			
1	dex				♦	♦	♦	♦	♦	♦	20-30
	sin			♦	♦	♦	♦	♦			
1	dex				♦	♦	♦		♦		20-30
	sin			♦	♦	♦	♦				
1	dex					♦			♦		20-30
	sin				♦						
1	dex								♦		20-30
	sin				♦						
1	dex		♦				♦				6-16
	sin		♦	♦							
1	dex		♦								6-16
	sin		♦	♦							
1	dex		♦								6-16
	sin		♦	♦							
1	dex		♦								6-16
	sin		♦								
1	dex		♦								6-16
	sin		♦								
1	dex		♦								6-16
	sin		♦								
1	dex		♦								30-45
	sin		♦								
1	dex		♦								30-45
	sin		♦								
1	dex		♦							♦	30-45
	sin		♦								
20	ИТОГО										

Примечание. ♦ – наличие остеологического материала.

таковой у мамонтов с возрастом от 9 до 30 лет из разных местонахождений Евразии [Дуброво, 1982; Maschenko, 2002] (табл. 8).

Собрано 13 экз. бедренных костей разной степени сохранности. Семь экземпляров (SL-25, -26, -27, -28, -50, -79, -83) являются

правыми, а шесть левыми (SL-78, -82, -49, -80, -81, -84). Некоторые из доступных для определения размеров бедренных костей могут говорить, что они относятся к особям от 9 до 20 лет [Аверьянов, 1994; Maschenko, 2002] (табл. 9).

Таблица 12. Возможный индивидуальный возраст исследуемых особей по результатам сравнения костных остатков из Селляха с находками из других местонахождений

Экз. №	Название	I. 1–6 лет	II. 6–16 лет	III. 20–30 лет	IV. 30–45 лет
SL-1	Cranium			x	
SL-2	Cranium			x	
SL-3	Cranium				x
SL-4	Mandibula			x	
SL-5	Mandibula	x			
SL-72	Mandibula			x	
SL-92	Mandibula			x	
SL-93	Mandibula			x	
SL-94	Mandibula			x	
SL-29	Anlant			x	
SL-68	Anlant		x		
SL-69	Anlant			x	
SL-70	Anlant			x	
T-1	Tusk			x	
T-5	Tusk			x	
T-6	Tusk			x	
T-7	Tusk			x	
SL-10	Scapula			x	
SL-11	Scapula			x	
SL-12	Scapula			x	
SL-13	Scapula			x	
SL-14	Scapula	x			
SL-32	Scapula			x	
SL-33	Scapula			x	
SL-77	Scapula			x	
SL-15	Humerus			x	
SL-16	Humerus			x	
SL-17	Humerus			x	
SL-18	Humerus			x	
SL-19	Humerus			x	
SL-71	Humerus			x	
SL-31	Ulna			x	
SL-53	Ulna			x	
SL-85	Ulna		x		
SL-86	Ulna		x		
SL-87	Ulna			x	
SL-88	Ulna		x		
SL-25	Femur		x		
SL-26	Femur		x		
SL-27	Femur		x		
SL-50	Femur		x		
SL-78	Femur		x		
SL-79	Femur		x		
SL-82	Femur		x		
SL-83	Femur		x		
SL-49	Femur		x		
SL-80	Femur		x		
SL-81	Femur		x		
SL-94	Femur		x		
SL-20	Tibia				x
SL-21	Tibia	x			
SL-22	Tibia				x
SL-23	Tibia				x
SL-24	Tibia	x			
SL-51	Tibia				x
SL-52	Tibia				x
SL-89	Tibia				
SL-90	Tibia				x

Размеры больших берцовых костей в сопоставлении с размерами аналогичных костей из других местонахождений [Maschenko, 2002; Машенко и др., 2006] показывают возраст, который охватывает время от рождения до естественной гибели (табл. 10).

По соотношению правых и левых костей конечностей, бивней, а также по фрагментам черепов число погибших мамонтов может составлять 20 особей (табл. 11). Костный материал Селляхского местонахождения был предварительно разделен на четыре возрастные группы: I – от 1 до 6 лет; II – от 6 до 16 лет; III – от 20 до 30 лет; IV – от 30 до 45 лет (табл. 12). В процентном соотношении полученный результат показал, что группа мамонтов, которым принадлежали найденные костные остатки на берегу р. Селлях, состояла в основном из половозрелых молодых особей возрастом 20–30 лет – 50 %, особи возрастом 6–16 лет составляли 28,3 %, старые (40–45 лет) – 11,6 % от общего количества животных и 10 % – детеныши 1–6 лет. В местонахождениях, ассоциированных с палеолитическими памятниками (Мезенская палеолитическая стоянка, Луговское, Волчья грива, Тегульдет) [Машенко и др., 2006; Voeskorov et al., 2014], половозрелые особи составляют не менее 50 % от общего количества особей, так же как и на Селляхе, тогда как в естественных местонахождениях [Машенко и др., 2006; Voeskorov et al., 2014] доля половозрелых особей меньше. Исходя из вышесказанного, можно предположить, что на исследуемом местонахождении раскопаны костные остатки мамонтов, погибших, возможно, в результате попадания в природную «ловушку» (половодье, увязание в болоте).

Заключение

На территории Якутии местонахождения, где преобладают остатки *M. primigenius*, встречаются в основном на Яно-Индибирской низменности: Берелехское «кладбище» мамонтов, Максунуохское местонахождение, Аччыгый Аллаиха. Кроме того, аналогичное захоронение было обнаружено на территории Амгинского улуса (Центральная Якутия), в среднем течении р. Амга, на берегу старичного озера Тонус кыса, хотя по количеству особей оно значительно уступает.

Млекопитающие мамонтовой фауны в позднем неоплейстоцене Яно-Индибирской низменности обитали в условиях открытых и полуоткрытых ландшафтов (арктическая степь, заросли кустарников). По результатам анализа палинологического спектра можно

реконструировать растительность в указанный период как чрезвычайно мозаичную, где одновременно на небольших пространствах произрастали и ксерофильные, и гигрофильные виды. Основу флорокомплекса составляли луговые мезофильные виды, и можно предполагать, что луговые фитоценозы представляли собой хорошее пастбище для представителей мамонтовой фауны. Более широкое распространение получили лиственничные леса. Такая растительность может соответствовать природно-климатическим условиям, которые сложились во время перехода от плейстоцена к голоцену.

В течение этого периода происходило несколько кардинальных изменений ландшафтно-климатических условий. Во время потеплений (например, бёллингское колебание) на Яно-Индибирской низменности создавались специфические губительные условия для наиболее крупных представителей мамонтовой фауны – мамонтов. Это происходило в силу особенностей рельефа (преобладание низменных местообитаний) и наличия бассейнов крупных рек (Омолой, Яна, Индибирка) – по-видимому, разливы рек в половодья могли губить целые стада мамонтов.

Литература

- Аверьянов А. О. Мамонт Кутоманова // Труды ЗИН РАН. 1994. Т. 256. С. 111–134.
- Андреев В. Н., Галактионова Т. Ф., Перфильева В. И., Щербаков И. П. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 155 с.
- Верещагин Н. К., Тихонов А. Н. Исследования бивней мамонтов // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1986. Т. 149. С. 3–14.
- Воллосович К. А. Мамонт острова Большого Ляховского (Новосибирские острова). Геологический очерк // Записки Имп. минерал. об-ва. 1914. Ч. 50, сер. 2. С. 305–338.
- Герц О. Ф. Отчеты начальника экспедиции Акад. наук на Березовку для раскопки трупа мамонта // Изв. Акад. наук, 1902. Т. XVI. С. 137–174.
- Гричук В. П. Методика интерпретации палеоботанических материалов для решения задач стратиграфии и корреляции позднего кайнозоя // Палинологические исследования на Северо-Востоке СССР. Владивосток, 1978. С. 5–22.
- Дуброво И. А. Морфология скелета Юрибейского мамонта. М.: Наука, 1982. С. 53–99.
- Каплина Т. Н. Древние аласные комплексы Северной Якутии (сообщение 1) // Криосфера земли. 2011. Т. XV, № 2. С. 3–13.
- Кузьмина И. Е. Сравнительная морфологическая характеристика мамонтов Русской равнины, Урала и Якутии в позднем плейстоцене // Плейстоценовые

и голоценовые фауны Урала: сб. научных трудов. Челябинск: Рифей, 2000. С. 3–16.

Куприянова Л. А. Исследования пыльцы и спор с поверхности почвы из высокоширотных районов Арктики // Бот. журнал. 1951. Т. 36, № 3. С. 258–269.

Лазарев П. А., Томская А. И. Млекопитающие и биостратиграфия позднего кайнозоя Северной Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 172 с.

Лазарев П. А. Крупные млекопитающие антропогена Якутии. Новосибирск: Наука, 2008. 160 с.

Мащенко Е. Н., Шубина Ю. В., Телегина С. Н. Луговское. Пейзаж на фоне ледников. Ханты-Мансийск: Государственный музей природы и человека; Екатеринбург: Баско, 2006. 82 с.

Петрова Е. А. Мамонт (*Mammuthus primigenius*) из позднего плейстоцена Чувашии, Европейская Россия // Труды ЗИН РАН. 2009. Т. 313, № 1. С. 58–67.

Тихонов А. Н. Мамонт, *Mammuthus primigenius* (Elephantidae, Proboscidea), с острова Большой Ляховский, Восточная Сибирь // Четвертичные и современные млекопитающие Евразии. Тр. ЗИН РАН. 1996. Т. 270. С. 167–190.

Юкагирский мамонт / Отв. ред. Г. Г. Боескоров, А. Н. Тихонов, Н. Сузуки. СПб.: С.-Петербург. ун-т, 2007. 252 с.

Boeskorov G. G., Protopopov A. V., Mashchenko E. N., Potapova O. R., Kuznetsova T. V., Agnibroad L., Tikhonov A. N. Preliminary analyses of the frozen mummies of mammoth (*Mammuthus primigenius*), bison (*Bison priscus*) and horse (*Equus sp.*) from the Yana-Indigirka Lowland, Yakutia, Russia // Integrative Zoology. 2014. No 9. P. 471–480.

Kuzmina I. E., Tsyganova S. A. *Mammuthus primigenius* Blum. On Ural. In: 2nd International mammoth conference. Abstracts. Rotterdam Netherlands: Natuurmuseum, 1999. 32 p.

Maschenko E. N. Individual development, biology and evolution of the woolly mammoth *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) // Cranium. 2002. Vol. 19, No 1. 120 p.

Mashchenko E. N., Gablina S., Tesakov A. S., Simakova A. N. The Sevska woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) site in Russia: Taphonomic, biological and behavioral interpretations. Quaternary International // 2006. Vol. 142/143. P. 147–165.

Roth V. L., Shoshani J. Dental identification and age determination in *Elephas maximus* // J. Zool. Lond. 1988. 214. P. 567–588.

Поступила в редакцию 18.12.2014

References

Aver'yanov A. O. Mamont Kutomanova [Kutomanov mammoth]. *Trudy ZIN RAN [Proceedings of Zoological Institute RAS]*. 1994. Vol. 256. P. 111–134.

Andreev V. N., Galaktionova T. F., Perfil'eva V. I., Shcherbakov I. P. Osnovnye osobennosti rastitel'nogo pokrova Yakutskoi ASSR [Basic features of the vegetation cover of the Yakut ASSR]. Yakutsk: YaF SO AN SSSR, 1987. 155 p.

Dubrovo I. A. Morfologiya skeleta Yuribeiskogo mamonta [Morphology of the Yuribei mammoth skeleton]. Moscow: Nauka, 1982. P. 53–99.

Gerts O. F. Otchety nachal'nika ekspeditsii Akad. nauk na Berezovku dlya raskopki trupa mamonta [Report of the head of an expedition of the Imperial Academy of Sciences to the Berezovka River to dig out a mammoth corpse]. *Izv. Akad. Nauk [Proceedings of Academy of Sciences]*. 1902. Vol. XVI. P. 137–174.

Grichuk V. P. Metodika interpretatsii paleobotanicheskikh materialov dlya resheniya zadach stratigrafii i korrelyatsii pozdnego kainozoya [Procedure of interpretation of paleobotanical data for solving the problems of stratigraphy and correlation of Late Cenozoic]. *Palynologicheskie issledovaniya na Severo-Vostoke SSSR [Palynological studies in the Northeast of the USSR]*. Vladivostok. 1978. P. 5–22

Kaplina T. N. Drevnie alasnye komplekсы Severnoi Yakutii (soobshchenie 1) [Ancient alas complexes of Northern Yakutia (Part 1)]. *Kriofsera zemli [Earth's cryosphere]*. 2011. Vol. XV, No 2. P. 3–13.

Kuz'mina I. E. Sravnitel'naya morfologicheskaya kharakteristika mamontov Russkoi ravniny, Urala i Yakutii v pozdnem pleistotsene [Comparative morphological characteristics of the Late Pleistocene mammoth from the Russian Plain, Urals and Yakutia]. *Pleistotsenovy*

i golotsenovy fauny Urala [Pleistocene and Holocene Urals faunas]. Chelyabinsk: Rifei, 2000. P. 3–16.

Kupriyanova L. A. Issledovaniya pyl'tsy i spor s poverkhnosti pochvy iz vysokoshirotnykh raionov Arktiki [Study of pollen and spores from the soil surface in the high-latitude Arctic regions]. *Bot. Zhurnal [Botanical Journal]*. 1951. Vol. 36, No 3. P. 258–269.

Lazarev P. A. Tomskaya A. I. Mlekopitayushchie i biostatigrafiya pozdnego kainozoya Severnoi Yakutii [Mammals and biostratigraphy of the Late Cenozoic of the northern Yakutia]. Yakutsk: YaF SO AN SSSR. 1987. 172 p.

Lazarev P. A. Krupnye mlekopitayushchie antropogena Yakutii [Large Quaternary mammals of Yakutia]. Novosibirsk: Nauka, 2008. 160 p.

Mashchenko E. N., Shubina Yu. V., Telegina S. N. Lugovskoe. Peizazh na fone lednikov [Lugovskoe. Landscape against the backdrop of glaciers]. Khanty-Мансийск: Gosudarstvennyi muzei prirody i cheloveka; Ekaterinburg: Basko, 2006. 82 p.

Petrova E. A. Mamont (*Mammuthus primigenius*) iz pozdnego pleistotsena Chuvashii, Evropeiskaya Rossiya [Mammoth (*Mammuthus primigenius*) from the Late Pleistocene of Chuvashiya, European Russia]. *Trudy ZIN RAN [Proceedings of Zoological Institute RAS]*. 2009. Vol. 313, No 1. P. 58–67.

Tikhonov A. N. Mamont, *Mammuthus primigenius* (Elephantidae, Proboscidea), s ostrova Bol'shoi Lyakhovskii, Vostochnaya Sibir' [Mammoth, *Mammuthus primigenius* (Elephantidae, Proboscidea), from the Bolshoy Lyakhovsky Island, Eastern Siberia]. *Chetvertichnye i sovremennye mlekopitayushchie Evrazii. Tr. ZIN RAN [Quaternary and modern mammals of Eurasia. Proceedings of Zoological Institute RAS]*. 1996. Vol. 270. P. 167–190.

Vereshchagin N. K., Tikhonov A. N. Issledovaniya bivnei mamontov [A study of mammoth tusks]. Tr. Zool. in-ta AN SSSR [Proceedings of Zoological Institute, USSR Academy of Sciences]. 1986. Vol. 149. P. 3–14.

Vollosovich K. A. Mamont ostrova Bol'shogo Lyakhovskogo (Novosibirskie ostrova). Geologicheskii ocherk [Mammoth from the Bolshoy Lyakhovsky Island (New Sibirian Archipelago). Geological review]. Zapiski Imp. mineral. ob-va [Proceedings of the imperial mineralogical society]. 1914. Pt. 50, ser. 2. P. 305–338.

Yukagirskii mamont. [Yukagirian mammoth] Eds. G. G. Boeskorov, A. N. Tikhonov, N. Suzuki. St. Petersburg: S.-Peterb. Un-t, 2007. 252 p.

Boeskorov G. G., Protopopov A. V., Mashchenko E. N., Potapova O. R., Kuznetsova T. V., Agnbrod L., Tikhonov A. N. Preliminary analyses of the frozen mummies of mammoth (*Mammuthus primigenius*), bison (*Bison priscus*) and horse (*Equus sp.*) from

the Yana-Indigirka Lowland, Yakutia, Russia. *Integrative Zoology*. 2014. No 9. P. 471–480.

Kuzmina I. E., Tsyganova S. A. Mammuthus primigenius Blum. On Ural. In: 2nd International mammoth conference. Abstracts. Rotterdam Netherlands: Naturmuseum, 1999. 32 p.

Maschenko E. N. Individual development, biology and evolution of the woolly mammoth *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799). *Cranium*. 2002. Vol. 19, No 1. 120 p.

Mashchenko E. N., Gablina S., Tesakov A. S., Simakova A. N. The Sevska woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) site in Russia: Taphonomic, biological and behavioral interpretations. *Quaternary International*. 2006. Vol. 142/143. P. 147–165.

Roth V. L., Shoshani J. Dental identification and age determination in *Elephas maximus*. *J. Zool. Lond.* 1988. 214. P. 567–588.

Received December 18, 2014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Плотников Валерий Валерьевич

старший научный сотрудник, к. б. н.
Академия наук Республики Саха (Якутия)
пр. Ленина, 33, Якутск, Республика Саха (Якутия),
Россия, 677007
эл. почта: mammuthus@mail.ru
тел.: +79644216418

Протопопов Альберт Васильевич

ведущий научный сотрудник, к. б. н.
Академия наук Республики Саха (Якутия)
пр. Ленина, 33, Якутск, Республика Саха (Якутия),
Россия, 677007
эл. почта: aprotopov@mail.ru
тел.: +79246606395

Климовский Айсен Иванович

младший научный сотрудник
Академия наук Республики Саха (Якутия)
пр. Ленина, 33, Якутск, Республика Саха (Якутия),
Россия, 677007
эл. почта: cool.propagandist@yandex.ru
тел.: +79241737123

CONTRIBUTORS:

Plotnikov, Valery

Academy of Sciences of Republic of Sakha (Yakutia)
33 Lenin St., 677007 Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia),
Russia
e-mail: mammuthus@mail.ru
tel.: +79644216418

Protopopov, Albert

Academy of Sciences of Republic of Sakha (Yakutia)
33 Lenin St., 677007 Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia),
Russia
e-mail: aprotopov@mail.ru
tel.: +79246606395

Klimovskii, Aisen

Academy of Sciences of Republic of Sakha (Yakutia)
33 Lenin St., 677007 Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia),
Russia
e-mail: cool.propagandist@yandex.ru
tel.: +79241737123

УДК 551.89:551.312 (470.21)

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК ГОЛОЦЕНА В РАЙОНЕ ОЗЕРА ИМАНДРА (КОЛЬСКИЙ РЕГИОН): РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С. Б. Николаева¹, Н. Б. Лаврова², Д. С. Толстобров¹, Д. Б. Денисов³

¹ Геологический институт Кольского научного центра РАН

² Институт геологии Карельского научного центра РАН

³ Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

Приводятся литолого-стратиграфические, палеоботанические (палеофлористические), хронометрические (радиоуглеродное датирование) данные изучения малых и средних озер в районе озера Имандра (Кольский регион). Изучение осадочных разрезов современных озерных котловин позволило выделить различные фациальные разновидности осадков, установить основные этапы формирования озер, реконструировать динамику растительности в голоцене.

Ключевые слова: озера, палеолимнологические реконструкции, стратиграфия, спорово-пыльцевые спектры, голоцен, Кольский регион.

S. B. Nikolaeva, N. B. Lavrova, D. S. Tolstobrov, D. B. Denisov. RECONSTRUCTIONS OF HOLOCENE PALEO GEOGRAPHIC CONDITIONS IN THE LAKE IMANDRA AREA (KOLA REGION): RESULTS OF PALEOLIMNOLOGICAL STUDIES

The lithostratigraphic, palaeobotanical, and chronometric (radiocarbon dating) data on small and medium lakes around Lake Imandra (Kola region) are reported. The investigation of the sedimentary sections of modern lake basins has resulted in identification of various sediment facies, determination of the main stages of lake formation, and reconstruction of the Holocene vegetation dynamics.

Keywords: lakes, palaeolimnological reconstructions, stratigraphy, spore-pollen spectra, Holocene, Kola region.

Введение

В последнее время палеолимнологические исследования получили достаточно широкое распространение как в различных регионах России, так и за рубежом. Это связано прежде всего с тем, что донные отложения озер являются геологическими архивами, в которых

сохранена информация о прошлых седиментационных и природно-климатических обстановках. Смена характера процессов озерного седиментогенеза, их интенсивность, а также различные климатические и катастрофические события находят свое отражение в строении осадочных последовательностей озерных отложений. Наиболее активно это направление

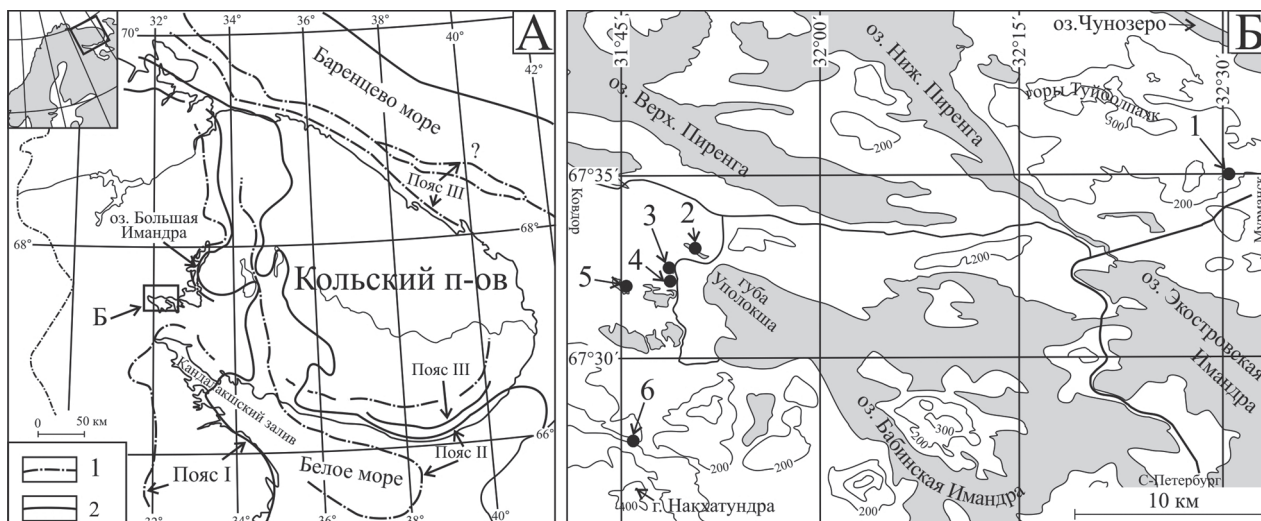


Рис. 1. Карта-схема района исследований (А) и расположение озерных котловин (Б):

А – положение края ледника (или отдельной лопасти) по [Евзеров, Николаева, 2000]: 1 – при формировании насыпных конечно-моренных гряд внутренней полосы маргинального пояса в период межстадиального потепления, 2 – при образовании напорных конечно-моренных гряд внешней полосы маргинального пояса в период стадиального похолодания. Б – черными кружочками показаны изученные озера и их номера

развивается в связи с реконструкцией динамики уровней морей и океанов на территориях, прежде подвергавшихся оледенениям, таких как Фенноскандинавский щит. Исследованиям озерных осадков в целях изучения перемещения береговой линии моря посвящены многочисленные работы скандинавских ученых [Donner et al., 1977; Anundsen, 1985; Lohne et al., 2007]. В Кольском регионе подобные работы проведены для побережья Баренцева и Белого морей [Snyder et al., 1997; Corner et al., 1999, 2001; Sapelko, Nosevich, 2012; Колька и др., 2013]. Детальным палеолимнологическим исследованиям во внутренних (континентальных) районах Кольского региона уделено несколько меньшее внимание [Kremenetski, Patyk-Kara, 1997; Kremenetski et al., 1999; Ilyashuk et al., 2005; Павлова и др., 2011], а на юго-западе региона такие работы носят единичный характер [Евзеров и др., 1983; Solovieva, Jones, 2002]. В связи с этим многие аспекты истории развития озер этой части региона остались за пределами внимания исследователей.

В данной публикации представлены новые результаты литологического и микропалеонтологического (спорово-пыльцевого и диатомового) изучения осадков озерных котловин в континентальной части Кольского региона, а также данные радиоуглеродного датирования. На их основе выполнено стратиграфическое расчленение осадков, реконструкция палеогеографических обстановок и динамики растительности в голоцене.

Краткая характеристика района работ

Кольский регион, включающий в себя территорию Мурманской области и прилегающие шельфы Баренцева и Белого морей, входит в состав северо-восточной части Балтийского (Фенноскандинавского) щита. Здесь на поверхность выходят метаморфизованные докембрийские породы кристаллического фундамента, местами перекрытого маломощным покровом четвертичных отложений. Эта территория неоднократно подвергалась оледенениям, последним из которых было Валдайское (Weichselian).

Район исследований расположен на юго-западе Кольского региона и примыкает к побережью самого крупного водоема – озера Имандра. В его конфигурации выделяется две крупные ветви – субмеридиональная (оз. Большая Имандра) и субширотная (озера Экостровская и Бабинская Имандра). В пределах западного побережья Бабинской Имандры и проводилось изучение донных осадков озер (рис. 1).

Рельеф района к западу от озера Бабинская Имандра представлен плоскими болотистыми пространствами и многочисленными изолированными озерами с вытянутой формой котловин, обусловленной направлением движения ледников последнего оледенения вдоль господствующих тектонических разломов. Обширные плоские аккумулятивные озерные и озерно-ледниковые террасы, толщи флювиогляциальных отложений, заполняющих долины и понижения рельефа, имеют здесь

широкое распространение. К северу и югу территория характеризуется более расчлененным и разнообразным рельефом, где возвышенности достигают высотных отметок 250–350 м.

Изученные озерные котловины расположены в 45–50 км к западу от внешней полосы самого молодого пояса краевых маргинальных образований Кольского региона (пояс I на рис. 1, А) [Евзеров, Николаева, 2000]. Внешняя полоса пояса I является продолжением моренных гряд полосы Тромсё–Линген, а возраст образования этой стадии соотносится с похолоданием позднего дриаса и оценивается в 10 000–11 000 лет н. в. [Andersen, 1979].

Современная Имандровская озерная система сформирована на месте приледникового водоема последнего Валдайского оледенения [Лаврова, 1960]. Уровень этого бассейна при смещении фронта деградирующего ледника на запад периодически понижался. Дальнейшее развитие водоема происходило на фоне гляциоизостатического поднятия территории при постепенном сокращении его площади и отчленении от него отдельных озер. К настоящему времени уровень основного бассейна озера Имандра находится на абсолютной высоте 127,5 м, а отчленившихся от него фрагментов – в диапазоне высот 114–170 м.

Методика работ

Полевые исследования. Отбор донных осадков производился в летний период с катмарана при помощи переносного отечественного поршневого бура, позволяющего отбирать монолиты донных отложений мощностью 1 м с перекрытием 5–10 см, чтобы избежать пропусков в седиментологической последовательности осадков. Керны документировались и опробовались непосредственно в поле. В полевых условиях выполнялось подробное литологическое описание разрезов, фотодокументация и отбор проб на различные виды анализов. На диатомовый и спорово-пыльцевой анализ отбирались пробы размером 1,0–2,0 см, на радиоуглеродное датирование – размером 7,0–10,0 см. Высотное положение озер определялось по картам масштаба 1: 25 000.

Лабораторные исследования. Радиоуглеродное датирование (образцы гиттии, торфа, древесины) выполнено в Лаборатории палеогеографии и геохронологии четвертичного периода факультета географии и геоэкологии СПбГУ в Санкт-Петербурге и лаборатории географии и эволюции почв в ИГ РАН в Москве. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной

программы «CalPal2007_HULU» Кельнского университета 2007 года (сайт www.calpal.de). Спорово-пыльцевой анализ образцов выполнен в Институте геологии КарНЦ РАН. При подготовке образцов использовалась общепринятая методика [Пыльцевой анализ..., 1950; Палеопалинология..., 1966]: применялся щелочной метод Поста и сепарационный метод В. П. Гричука. Подсчет пыльцевых зерен в спорово-пыльцевых спектрах обычно составлял 500–1500 (в зависимости от концентрации пыльцы в отложениях). Определение состава макроостатков растений в образцах торфа выполнено Н. В. Стойкиной в лаборатории болотных экосистем Института биологии КарНЦ РАН. Диатомовый анализ донных отложений был проведен по стандартной общепринятой методике [Давыдова, 1985; Денисов, 2007], с изменениями, принятыми в ИППЭС КНЦ РАН [Косова и др., 2011]. Все обнаруженные в препаратах створки водорослей определялись по возможности до внутривидовых таксономических категорий согласно определителям [Krammer, Lange-Bertalot, 1988–1991; Krammer, 2002]. Подсчет и таксономическая идентификация диатомей были проведены на световом микроскопе «Motic VA 300» при увеличении в 400–1000 раз, с применением иммерсионного объектива.

Результаты исследований и их интерпретация

Характеристика озерных котловин и литология осадков. В районе исследования изучены донные отложения шести озерных котловин, расположенных на высотных отметках от 128,0 до 204,9 м над уровнем моря (табл. 1, рис. 2).

Озеро 1 заполняет ложбину между двумя возвышенностями с высотными отметками 252,1 и 244,5 м н. у. м. и находится в районе озер Пиренга-Чунозеро – Экостровская Имандра (рис. 1, Б). Бурением вскрыта следующая последовательность осадков (здесь и далее описание приводится снизу вверх, глубина указана от поверхности воды) (см. рис. 2): 6,30–6,08 м – песок серый, монотонный, грубо- и крупнозернистый, с гравием. На контакте с вышележащими осадками в нескольких кернах отмечен наклонный слой глины толщиной 0,5 см, с углом наклона 10°; 6,08–5,99 м – переслаивание алевритов, глин и тонкозернистого песка. Переход в вышележащие осадки резкий; 5,99–5,87 м – алеврит светло-серый с песком с дисперсной органикой. Контакт с перекрывающими осадками постепенный; 5,87–5,80 м – гиттия

Таблица 1. Основные характеристики исследованных озер

№ озера	Координаты скважин		Высота, м н. у. м.	Площадь озера, км ²	Глубина, м	Мощность осадков, м
	N	E				
1	69°34.94'	32°29.60'	204,9	0,11	3,5–4,0	3,0
2	67°32.93'	31°50.73'	128,0	0,195	0,5	3,0
3	67°32.40'	31°48.70'	148,8	0,05	2,6–3,0	1,2
4	67°32.16'	31°48.70'	146,8	0,025	1,5–2,0	1,1
5	67°31.98'	31°45.18'	133,4	0,385	3,2	2,1
6	67°27.60'	31°46.08'	188,0	0,1	1,5	3,1

светло-коричневая с алевритом. Переход в вышележащие осадки резкий; 5,80–5,30 м – гиттия плотная, монотонная, коричневая, с минеральной частью, которая исчезает в верхней части интервала. Переход в вышележащие осадки постепенный; 5,30–3,30 м – гиттия коричневая. На глубине 5,30–5,20 и 4,30–4,15 м встречены прослой, состоящие на 90 % из макроостатков растений, с примесью торфа (?). В интервале 4,90–4,80 м отмечается прослой светлой гиттии. Вверх по разрезу с глубины 4,30 м гиттия разжижена.

Озера 2–5 расположены на плоской заболоченной территории в 0,4–1,3 км от Уполокшской губы озера Бабинская Имандра (см. рис. 1, Б).

Озеро 2 имеет узкую, вытянутую вдоль новейшего линейного северо-западного простирания форму котловины. Отложения озера изучены по керну 1-й скважины, расположенной в центральной части озера. Бурением вскрыта следующая последовательность: 3,50–3,26 м – песок неслоистый мелко- и среднезернистый. Контакт с вышележащими осадками резкий; 3,26–3,05 м – алеврит серый, неслоистый. Переход в вышележащие осадки постепенный; 3,05–2,50 м – алеврит светло-серый, слоистый, с прослоями тонкозернистого песка от 0,2 до 2 см. Переход в вышележащие осадки постепенный; 2,50–1,98 м – гиттия слоистая, с алевритом. Слоистость толщи выражена цветом осадков, а мощность слоев составляет от 0,3 до 5 см. Вверх по разрезу в интервале постепенно увеличивается содержание органики и уменьшается содержание алеврита. Переход в вышележащие осадки постепенный; 1,98–1,35 м – гиттия неяснослоистая, светло-коричневая, с минеральной частью. Переход в вышележащие осадки постепенный; 1,35–0,5 м – гиттия светло-коричневая, монотонная.

Озеро 3 – малое бессточное озеро. Южный берег имеет форму буквы Г, длинная сторона которой вытянута на 0,35 км в субширотном направлении (аз. прост. 280°), согласно с направлением зоны новейших сдвиговых линейментов. Донные осадки изучены по кернам двух скважин, расположенных в южной части

озера на расстоянии около 100 м друг от друга. В скважине 1 (ЮВ часть озера, глубина воды 3 м) вскрыта следующая последовательность осадков: 3,88–3,87 м – песок неслоистый, серый, тонкозернистый. Контакт с вышележащим слоем неровный, с затеками и карманами, внедрениями песка в вышелегающий торф и затеками торфа в песок; 3,87–3,76 м – торф темно-коричневого цвета, плотный, перемешанный с песком и гиттией. В основании торфа наблюдаются изолированные включения песка округлой и неправильной формы диаметром 0,5–2 см. Переход в вышележащий слой постепенный; 3,76–3,60 м – гиттия неслоистая, коричневая, с макроостатками растительности. Переход в вышележащий слой постепенный; 3,60–3,00 м – гиттия монотонная, желеобразная. В нижней части интервала отмечается неясная слоистость. Из слоя торфа (глубина 3,87–3,80 м) была отобрана проба на определение макроостатков растений. В их составе присутствует кора сосны (5 %), березы (5 %), ивы (5 %), *Phragmites* (25 %), *Nuphar* (5 %), *Polygonum* (5 %), *Typha* (10 %), неопределенные остатки трав (10 %), *Sphagnum teres* (5 %), *Warnstorfia* (28 %).

В скважине 2 (ЮЗ часть озера, глубина воды 2,6 м) разрез донных отложений представлен интервалами: 3,80–3,75 м – песок серый, неслоистый, тонко- и мелкозернистый. Контакт с перекрывающими осадками резкий; 3,75–3,40 м – торф коричневый, плохо разложившийся. Переход в вышележащий слой постепенный; 3,40–2,60 м – гиттия коричневая, монотонная.

Озеро 4 – малое озеро неправильной формы. Донные отложения изучены по кернам двух скважин, расположенных друг от друга на расстоянии 45 м. В скважине 1 в разрезе установлена следующая последовательность осадков: 1,97–1,95 м – песок серый, неслоистый. Граница с вышележащими осадками резкая, неровная, с затеками; 1,95–1,76 м – торф коричневый, хорошо разложившийся. Контакт с вышележащим слоем осадков резкий; 1,76–1,60 м – гиттия неслоистая коричневая.

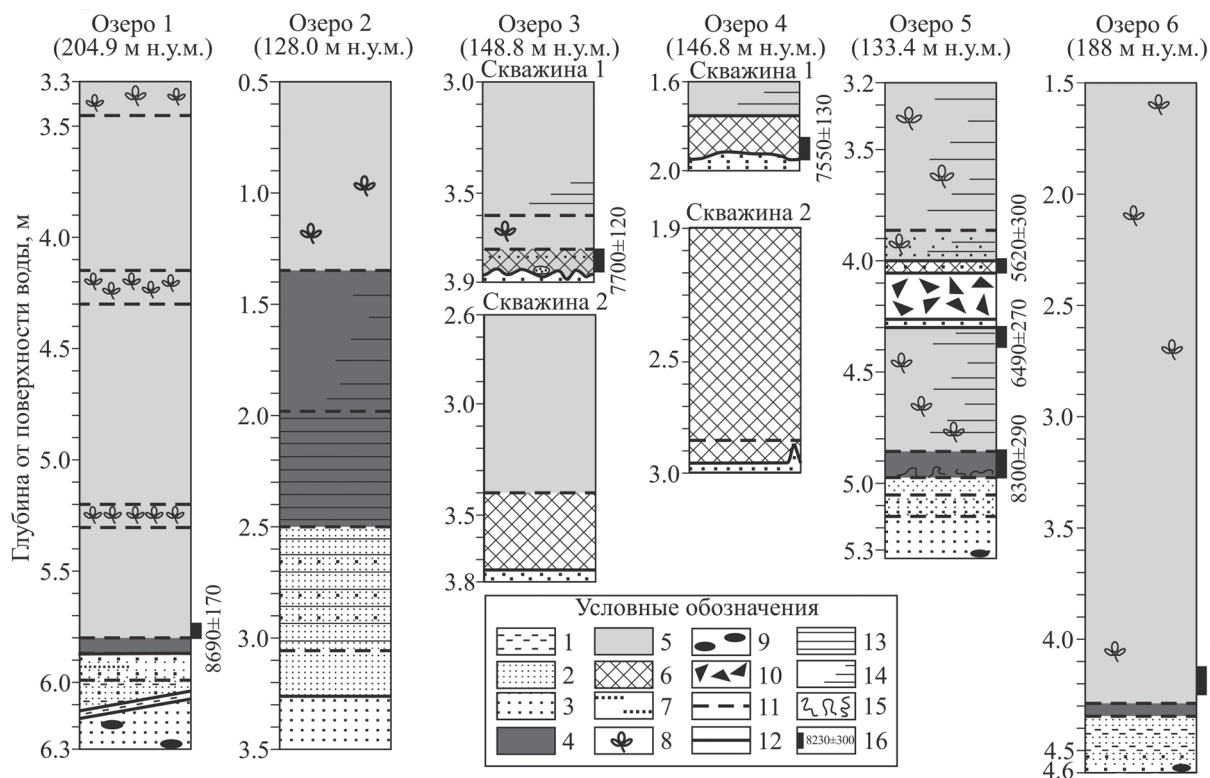


Рис. 2. Результаты изучения осадков озерных котловин в районе озера Имандра:

1 – глина; 2 – алеврит; 3 – песок; 4 – гиттия с алевритом; 5 – гиттия; 6 – торф; 7 – дисперсная органика; 8 – остатки растений; 9 – зерна гравия; 10 – брекчированный горизонт. Контакты: 11 – постепенные; 12 – резкие. Слоистость: 13 – отчетливая; 14 – неясная; 15 – муаровые текстуры; 16 – радиоуглеродный возраст (^{14}C)

В скважине 2 вскрыты: 3,00–2,98 м – песок серовато-коричневый мелко- и среднезернистый. Контакт с перекрывающими осадками резкий, неровный; 2,98–2,87 м – торф темно-коричневый, хорошо разложившийся. Переход в вышележащий слой постепенный; 2,87–1,90 м – торф коричневый, плохо разложившийся.

Озеро 5 с вытянутой с северо-запада на юго-восток формой котловины на расстояние 1,2 км, тяготеет к узлу пересечения новейших сдвиговых линейментов северо-западного и субширотного простираний. Осадки озера изучены шестью скважинами. Наиболее полный разрез вскрыл следующую последовательность осадков: 5,33–5,14 м – песок крупнозернистый, вверх по разрезу переходящий в мелко-среднезернистый. В нижней части слоя отмечаются единичные зерна гравия. Переход в вышележащий слой постепенный; 5,14–5,06 м – переслаивание алеврита и мелкозернистого песка. Переход в вышележащий слой постепенный; 5,06–4,98 м – алеврит серый неслоистый. Переход в вышележащий слой постепенный; 4,98–4,86 м – гиттия черная с минеральной частью. У контакта алевритов и гиттии отмечаются разводы и пятнистые «муаровые» текстуры, образованные за счет цвета

осадков. Контакт с перекрывающим слоем постепенный; 4,86–4,30 м – гиттия неяснослоистая, коричневая, с остатками растительности и минеральной частью. Переход в вышележащий слой представлен неровным слойком серого тонкозернистого песка толщиной 2 мм; 4,30–4,00 м – «брекчированный» интервал, состоящий из «обломков» разных по составу пород (гиттии, алеврита, песка), имеющих различную форму, цвет и размеры (в среднем от 2,5 до 3,5 см в поперечном сечении), торфа, растительных остатков, обломков древесины и песка, заключенных в сапропелевую матрицу. В интервале 4,06–4,00 м – торф с песком. Переход в вышележащий слой неотчетливый; 4,00–3,88 м – гиттия темно-коричневая, неяснослоистая, с минеральной частью и растительными остатками внизу интервала. Переход в вышележащий слой постепенный; 3,88–3,20 м – гиттия коричневая, неяснослоистая, с макроостатками растительности.

Озеро 6 с узкой вытянутой формой котловины, в отличие от озер 2–5, приуроченных к наиболее низменной болотистой части побережья Имандровской депрессии, находится в пересеченной местности в подножии северных склонов г. Нахкатундра и удалено от

Таблица 2. Возраст органогенных отложений

№ озера	Тип осадков	Интервал (глубина) отбора пробы, м	Возраст		Лабораторный № образца
			радиоуглеродный	календарный	
1	гиттия	5,74–5,80	8690 ± 170	9800 ± 230	ЛУ-7572
3	торф	3,75–3,85	7700 ± 120	8491 ± 109	ИГАН 4548
4	торф	1,76–1,95	7550 ± 130	8196 ± 127	ИГАН 4547
5	гиттия	4,86–4,98	8300 ± 290	9210 ± 360	ЛУ-7363
5	гиттия	4,30–4,40	6490 ± 270	7330 ± 270	ЛУ-7364
5	древесина	3,95–4,05	5620 ± 300	6440 ± 340	ЛУ-7365
6	гиттия	4,10–4,25	8230 ± 300	9130 ± 360	ЛУ-7368

Уполокшской губы в ЮЗ направлении на 8 км (см. рис. 1, Б). Озеро заполняет ложбину между двумя возвышенностями с высотными отметками 268,0 и 395,9 м н. у. м. В разрезе установлена следующая последовательность осадков: 4,60–4,58 м – песок крупнозернистый с единичными зернами гравия и прослоями алеврита. Переход в вышележащий слой постепенный; 4,58–4,34 м – переслаивание светло-серых алевритов и глин с тонкозернистыми песками (мощность слоев 2 мм). Переход в вышележащий слой постепенный; 4,34–4,29 м – алеврит с гиттией. Вверх по разрезу количество алеврита уменьшается. Переход в вышележащий слой постепенный; 4,29–1,50 м – гиттия монотонная коричневая, внизу интервала плотная, с единичными растительными остатками.

Результаты радиоуглеродного датирования, палеоботанических исследований и диатомового анализа. Для разрезов отложений озер получено семь радиоуглеродных датировок (табл. 2). Они отражают начальный этап накопления гиттии в озерах 1, 5, 6 и торфа в озерах 3 и 4. Для разреза осадков озера 5 получено три радиоуглеродные датировки, фиксирующие начало накопления гиттии (для глубины 498–486 см) и время образования брекчиевого горизонта (для глубин 440–430 и 405–395 см) (см. рис. 2). Из этой же керновой колонки были отобраны образцы на спорово-пыльцевой и диатомовый анализы.

По результатам спорово-пыльцевого анализа в разрезе озера 5 выделено восемь локальных пыльцевых зон (LPAZ), соответствующих определенным периодам и фазам голоцена (рис. 3). В разрезе изучено 16 образцов, в которых зафиксировано от 741 до 1757 пыльцевых зерен и спор 61 таксона растений.

Палиностратиграфические подразделения отражают изменения растительности, связанные как с климатическими событиями, так и с локальными изменениями условий ее произрастания. При выделении биостратиграфических уровней за аргументы принимались

особенности спорово-пыльцевых спектров (СПС) конкретных палинозон, корреляция их с известными моделями позднеледниковья и голоцена [Хотинский, 1977], а также с диаграммами болотных отложений Ловозерской равнины и других имеющихся данных [Елина и др., 2000; Павлова и др., 2011]. В основном спорово-пыльцевые спектры относятся к лесному типу.

Палинозона I (гл. 500–480 см) выделена в алевритах и залегающей на них черной плотной гиттии с минеральной частью. Как показывают количественные соотношения, в общем составе пыльцы и спор только в этой палинозоне отмечается самое низкое содержание пыльцы древесных (от 60 до 70 %), пыльцы *Pinus* и наиболее высокое содержание пыльцы *Betula pubescens*, *B. czerepanovii*. При этом количество пыльцы *Pinus* увеличивается, достигая максимума к верхней границе палинозоны, доля пыльцы *Betula* – уменьшается. Как явствует из анализа СПС, подтвержденного радиоуглеродной датировкой 8300 ± 230 ¹⁴C л. н., эта палинозона сформировалась в бореальное время (9300–8000 С¹⁴ л. н.). Особенностью СПС **палинозоны II** (гл. 480–450 см), выделенной по образцам продолжающей накапливаться гиттии, помимо высоких содержаний пыльцы *Pinus* и *Betula sect. Albae* следует считать и появление пыльцы термофильных пород *Ulmus*, *Alnus glutinosa*, *Corylus*, а также непрерывной кривой пыльцы *Picea*. **Палинозона III** (гл. 450–430 см) выделена по уменьшению количества пыльцы *Betula sect. Albae*, возрастанию *Pinus* и *Picea*. В СПС по-прежнему присутствует пыльца термофильных пород. **Палинозона IV** (гл. 430–395 см), соответствующая нарушенному слою – брекчиевому горизонту, имеет более существенные отличия от предыдущих по следующим признакам. Уменьшение пыльцы древесных (*Picea*, *Pinus*, *Betula sect. Albae*), что происходит за счет перераспределения процентного соотношения в пользу пыльцы других таксонов, главным образом *Cyperaceae*, *Poaceae*.

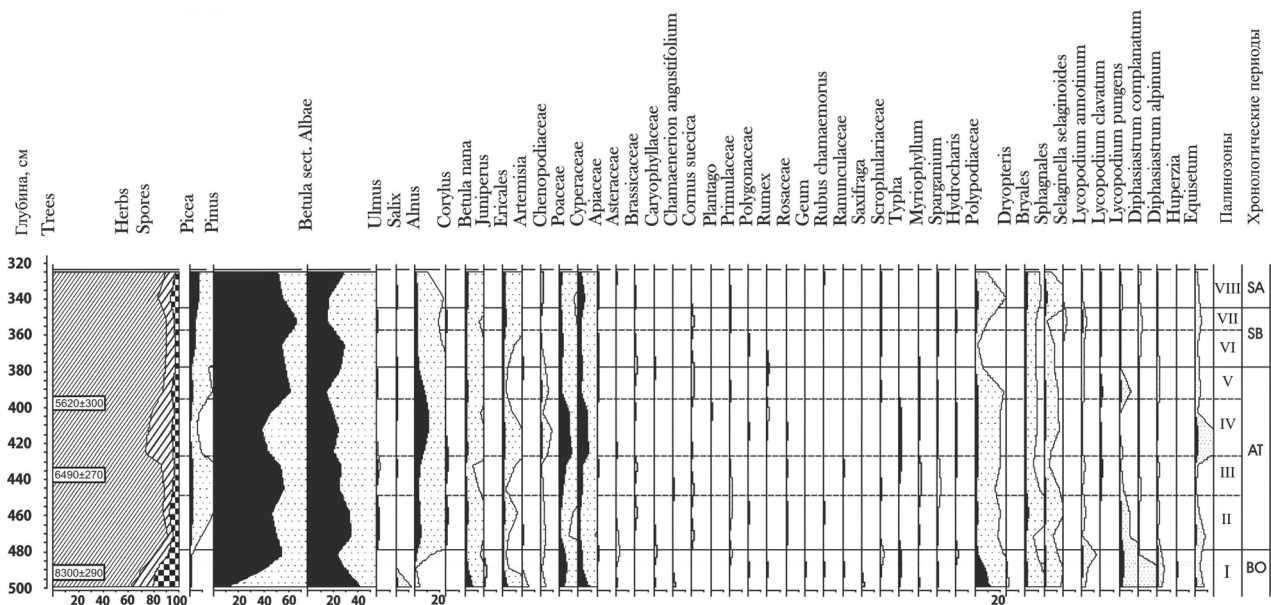


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза донных отложений озера 5

Примечательно возрастание роли *Alnus* (за счет пыльцы *Alnus incana*), увеличение вклада пыльцы *Betula nana*, *Ericales*, *Chenopodiaceae*, а также пыльцы водных и прибрежно-водных растений и спор *Equisetum*. В группе разнотравья отмечена пыльца *Asteraceae*, *Geum*, *Plantago*, *Rubus chamaemorus*. Образец гиттии из ненарушенного слоя, подстилающего брекчиевый горизонт, получил дату 6490 ± 270 ^{14}C л. н., а обломок древесины, отобранный из его верхней части, – 5620 ± 300 ^{14}C л. н. (см. рис. 2, 3).

Палинозона V (гл. 395–380 см) соответствует слою с нормальным осадконакоплением гиттии, который перекрывает брекчиевый горизонт. Эта палинозона характеризуется прямо противоположными показателями: вновь увеличивается количество основных компонентов спектров (*Picea*, *Pinus*, *Betula sect. Albae*), а доля пыльцы таксонов, возросших в предыдущей палинозоне (*Betula nana*, *Ericales*, *Cyperaceae*, *Poaceae* спор *Equisetum*), – уменьшается. Присутствие пыльцы термофильных пород (*Ulmus*, *Alnus glutinosa*, *Corylus*) является объединяющим фактором для палинозон II–V. Отметим, что спорадически встречающаяся в незначительном количестве пыльца термофильных пород, скорее всего, является заносной и свидетельствует о приближении границ распространения термофильных пород к изучаемой территории. Это обстоятельство, а также данные радиоуглеродного датирования позволяют предположить, что формирование СПС этих палинозон происходило в атлантическое время (8000–4700 C^{14} л. н.).

Основные изменения в трех последующих зонах происходят среди главных компонентов спектров: в **палинозоне VI** (гл. 380–360 см) возрастает роль пыльцы *Betula sect. Albae* и *Picea*, исчезает пыльца *Ulmus*, значительно снижается доля *Alnus glutinosa*. В **палинозоне VII** (гл. 360–345 см) доминантом СПС становится пыльца *Pinus*, количество которой достигало максимальных значений. Здесь вновь зафиксирована пыльца термофильных пород (*Ulmus*, *Corylus*) и в то же время споры гипоарктического вида *Selaginella selaginoides*. Учитывая особенности СПС палинозоны, а также то обстоятельство, что осадки, где сформировался данный комплекс пыльцы и спор, без прерыва залегают на отложениях атлантического времени, можно с уверенностью утверждать, что спорово-пыльцевые спектры палинозон образовались в суббореальное время (4700–2500 C^{14} л. н.). Спорово-пыльцевым спектром **палинозоны VIII** (гл. 345–325 см) присущи вновь возрастающая роль пыльцы *Betula sect. Albae* и *Picea*, уменьшение количества *Pinus*, из спектров исчезает пыльца термофильных пород. Следует отметить более значимый вклад пыльцы *Betula nana*, *Ericales*, *Cyperaceae*, спор *Sphagnales*. Формирование СПС этой палинозоны происходило в субатлантическое время (2500 – настоящее время).

Диатомовый анализ, выполненный также по колонке 5, позволяет охарактеризовать различные стадии развития этого пресноводного водоема в голоцене (рис. 4). Всего в отложениях было обнаружено 207 таксонов диатомей рангом ниже рода.

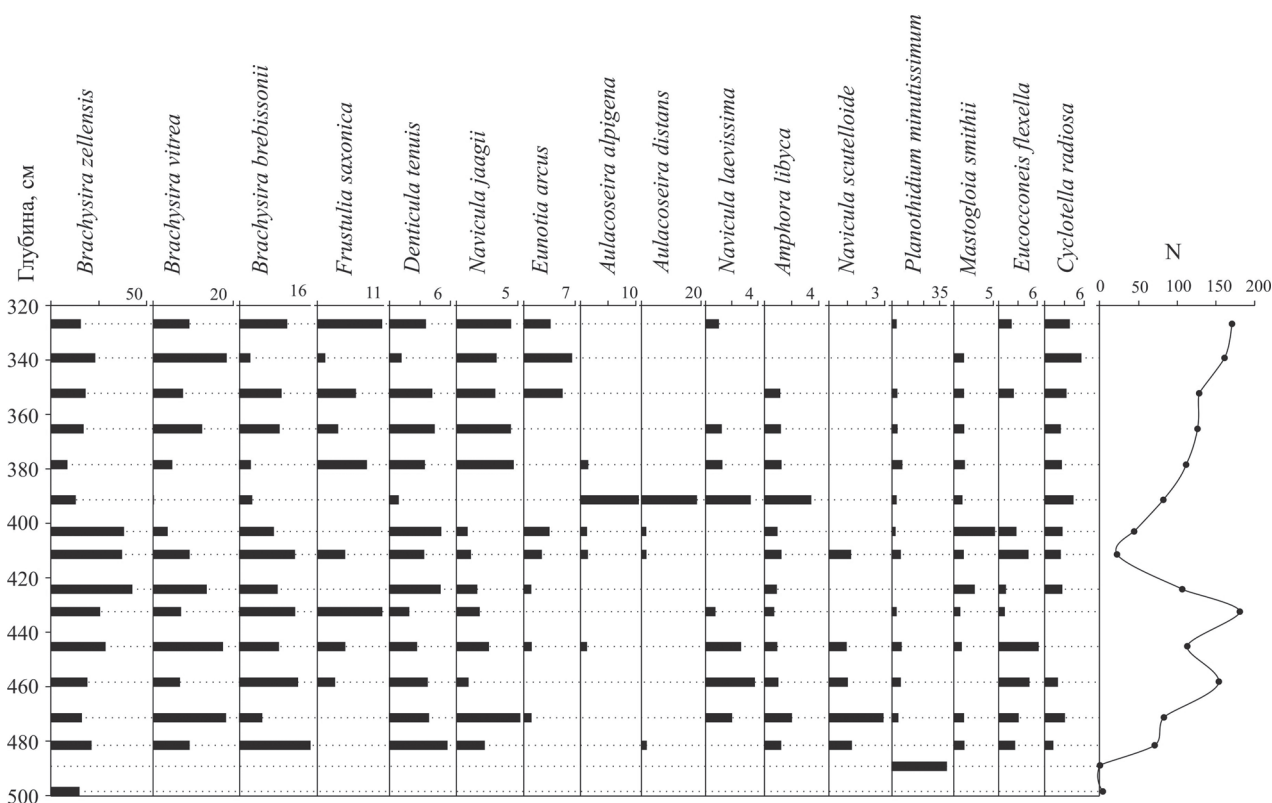


Рис. 4. Диатомовая диаграмма массовых и индикаторных видов (%) и изменение общей численности диатомей в донных отложениях озера 5 (N, млн экз./г. сух. в-ва)

Начало развития пресноводного водоема соотносится с бореальным периодом. Диатомовые комплексы в низах разреза, представленных алевритами и алевритистой гиттией черного цвета (гл. 488–500 см), характеризуются низким общим обилием и малым таксономическим разнообразием. Вероятно, это начальный этап формирования водоема и заселения его водорослями. Озеро было мелководным, о чем говорит отсутствие планктонных форм диатомей. В этот период активно развивались бентосные виды и обрастатели – *Brachysira zellensis* (Grun.) Round et Mann; *Planothidium minutissimum* (Krasske) E. A. Morales; *P. lanceolatum* (Bréb. ex Kütz.) Lange-Bertalot; *Staurosirella pinnata* (Ehrb.) Williams & Round; *S. pinnata* var. *intercedens* (Grun.) P. B. Hamilton; *S. constrictuens* Ehrb.

При дальнейшем накоплении органических илов (гл. 480–430 см), в начале атлантического периода, формируются более богатые в видовом и количественном отношении диатомовые комплексы. В этот этап развития водоема господствовали донные формы и обрастатели, развивающиеся в условиях пониженных значений pH: различные виды рода *Brachysira* и *Frustulia saxonica* Rabenh., появились немногочисленные представители планктона: *Cyclotella antiqua* W. Smith, *C. bodanica* Eulenstein, *C. radiosa*

(Grun.) Lemm. Озеро представляло собой мелководный олиготрофный таежный водоем, с pH < 7.0, с низкой минерализацией; берега могли быть частично заболочены. В составе палеосообществ присутствуют теплолюбивые виды: *Staurosira venter* (Ehrb.) N. Kobayasi, *Planothidium lanceolatum*.

В вышележащих осадках, представленных нарушенным брекчиевым горизонтом, состоящим из перемешивания гиттии, алеврита, песка и торфа (гл. 400–426 см), наблюдаются изменения в составе диатомового комплекса. Происходит резкое снижение общего обилия как результат изменения локальных местообитаний и нарушения процессов седиментогенеза. Формирование прослойки торфа выше нарушенного интервала отложений позволяет предположить, что водоросли-обрастатели могли развиваться, используя высшую водную растительность в качестве субстрата. Уровень воды в озере в этот период существенно снизился на фоне зарастания и заболачивания территории. При дальнейшем формировании толщи гиттии на глубине 375–393 см условия развития диатомового комплекса все еще не были стабильны. Это заметно по резкому увеличению доли планктонных диатомей (*Aulacoseira alpigena* (Grun.) Kramm. и *A. distans* (Ehrb.) Simons.). Они стали занимать позиции

доминантов на фоне сокращения господствовавших до этого донных форм и обрастателей. Такие изменения, возможно, являются свидетельством увеличения объемов воды в озере. Снижение доли ацидофилов отражает увеличение pH.

С началом суббореального периода (гл. 375–344 см) при продолжающемся накоплении органических осадков резко снижается доля планктонных видов наряду с восстановлением доли донных, обрастателей и планктонно-бентосных в результате обмеления озера. В субатлантических диатомовых комплексах (гл. 325–344 см) относительное обилие диатомей восстановилось до значений, характерных для периода начального накопления органики. Доминируют представители рода *Brachysira* (*Brachysira zellensis*; *B. vitrea*; *B. brebissonii*) и другие диатомеи, развивающиеся в условиях pH < 7.0, за счет которых продолжалось увеличение общего обилия. Доля планктонных видов незначительна, наблюдается некоторое увеличение аркто-альпийских форм. В составе комплексов отсутствуют теплолюбивые диатомеи. Очевидно, озеро стало более мелководным по сравнению с предыдущими интервалами.

Обсуждение результатов

Литостратиграфический анализ позволил выделить в отложениях шести озерных котловин четыре фациальные разновидности осадков: (1) приледникового озера, представленные разнозернистыми песками и алевритами от неслоистых до тонкослоистых, реже глинами (озера 1–6); (2) современного пресноводного озера, представленные гиттией, от черного до коричневого цвета, от неслоистой до неяснослоистой (озера 1–6); (3) болотную, залегающую под современными озерными осадками и представленную торфом (озера 3 и 4); (4) сейсмогенную, представленную перемешиванием гиттии разного цвета, алевритов, песков, торфа, обломков древесины (брекчиевый горизонт в осадках озера 5). Разновидности 1–3 соответствуют фациям I, V, VI, выделенным в осадках озер северного побережья Кандалакшского залива [Колька и др., 2013]. Фация 4, предполагаемая сейсмогенная, выделена впервые. Все эти фации отражают различные условия и характер осадконакопления.

Осадки фации 1 формировались в условиях приледникового водоема в добореальное время. По мере освобождения юго-запада Кольского региона от ледникового покрова уровень этого приледникового водоема понижался, площадь его сокращалась, происходило

отчленение (отшнуровывание) отдельных озер и образование новых водоемов. Данные радиоуглеродного датирования свидетельствуют о начале накопления органических отложений в озерах Западной Имандры уже в бореальный период. Дальнейший седиментогенез осадков происходит на протяжении всего голоцена.

Результаты спорово-пыльцевого и диатомового анализов, сопряженные с данными радиоуглеродного датирования, позволяют выделить в соответствии с палеоклиматической периодизацией голоцена основные этапы озерного осадконакопления и динамики растительности, которые охватывают периоды от бореального до субатлантического времени. В целом они согласуются с ранее выделяемыми этапами образования озер Карелии [Экман и др., 1988; Демидов, Шелехова, 2006; Субетто, 2009], но имеют в этом конкретном районе и свои особенности.

Бореальный период (ВО: 9300–8000 ¹⁴С л. н., здесь и далее природные рубежи приведены по Хотинскому [1987]). Начало этого периода характеризуется низкими температурами и ритмически направленным существенным потеплением климата на фоне дефицита влажности. Состав спорово-пыльцевых спектров в алевритах озера 5 отражает несомнутый растительный покров и низкую продуктивность озер. Это согласуется с результатами диатомового анализа: незначительное количество и бедность видов диатомовых комплексов в низах разреза также свидетельствует о начальном этапе формирования водоемов. Присутствие колоний *Pediastrum integrum*, *P. orientale* указывает на то, что накопление озерных отложений имело место в холодноводном пресном водоеме. В условиях нарастающего потепления березовые редколесья сменяются сосново-березовыми северотаежными лесами, которые занимают все благоприятные местообитания и к концу периода играют доминирующую роль в растительном покрове окружающей территории. Именно в этот период начинается накопление гиттии в озерах 1, 5, 6 (8230 ± 300–8690 ± 170 ¹⁴С л. н.) (см. табл. 2) и, вероятно, в других озерах района исследований. Близкая датировка – 8160 ± 65 ¹⁴С л. н. – получена для горного озера в Чуна-тундре, расположенного в 45 км к северу от района исследований [Solovieva, Jones, 2002].

Атлантический период (АТ: 8000–4600 л. н.) – время климатического оптимума. В малых озерах продолжают процессы формирования горизонтов сапропелей и торфа, интенсивно идут процессы заболачивания территории. Помимо торфов в озерах продолжают

накапливаться диатомиты [Евзеров и др., 1983]. Присутствие в озерных отложениях этого времени незначительного количества пыльцы термофильных пород может быть истолковано как результат ветрового заноса с довольно близкого расстояния, то есть свидетельствует о приближении границ распространения этих пород к изучаемой территории. Вновь увеличивается количество березы в древостое (кроме *Betula pubescens* и *B. czerepanovii* присутствует также *B. pendula*), что скорее всего обусловлено повышением влажности климата. Леса приобрели среднетаежный облик, о чем свидетельствует уменьшение количества спор плаунов в спектрах. В СПС несколько увеличивается доля пыльцы *Picea*. Вероятно, это обусловлено внедрением ели в существующие сообщества. Судя по результатам диатомового анализа колонки 5, в донных отложениях озер формируются более богатые в видовом отношении диатомовые комплексы, на несколько порядков увеличивается общее обилие диатомей, преобладают донные виды, обрастатели и планктонно-бентосные формы. Озера имеют вид олиготрофных таежных водоемов, возможно с частично заболоченными берегами. Результаты ботанического анализа из образца торфа озера 3 (остатки коры *Pinus*, *Betula*, *Salix* и пр.) свидетельствуют о том, что древесная растительность произрастала непосредственно вблизи побережий озер. На берегах водоемов были распространены тростники, рогоз, сфагновые мхи, а присутствие кубышки указывает на существование мелководного, хорошо прогреваемого водоема.

К этому же периоду приурочено продолжающееся образование многочисленных малых и средних озер. В связи с исчезновением все еще сохранявшихся в понижениях рельефа массивов мертвого льда, возможно, были сформированы озера 3 и 4. Улучшение климата способствовало тому, что по истечении определенного промежутка времени на увлажненной поверхности осадков, под которыми был погребен лед, сформировалось болото и образовался торф. По мере таяния погребенного льда торф опустился на дно котловины. С этим, возможно, связаны деформации на границе песков и торфа, резкие контакты между осадками (см. рис. 2). В последующем эти небольшие котловины постепенно заполнялись водой, и в них началась нормальная озерная седиментация – накопление гиттии, которая перекрыла ранее сформировавшийся торф.

По мере ослабления гляциоизостатического эффекта все большую роль играют тектонические факторы. В колонке озера 5 (см. рис. 2)

текстура осадков брекчиевого горизонта отчетливо свидетельствует об одномоментном катастрофическом изменении условий осадконакопления, которое могло произойти в результате сильного встряхивания. В СПС брекчиевый горизонт выделяется в виде локальной пыльцевой зоны (см. рис. 3), в которой уменьшение количества пыльцы древесных связано не с сокращением площадей, занимаемых лесами, а с увеличением обильно пылящих осоковых и злаковых, а также других растений, рассеяющихся на мелководьях и освободившейся от воды территории. Это верескоцветные кустарнички, карликовая березка, прибрежно-водные и болотные виды растений (*Equisetum*, *Geum*, *Rubus chamaemorus* и др.), а также виды семейства *Chenopodiaceae* (*Ch. album*, *Ch. rubrum*, *Ch. polyspermum*), которые заселяли песчаные и каменистые местообитания, освободившиеся при снижении уровня водоема. На диатомовой диаграмме брекчиевый горизонт выражается резким изменением в структуре диатомовых комплексов: снижением общего обилия, с последующей сменой доминантных видов диатомей (см. рис. 4). Эти процессы, возможно, иллюстрируют реакцию водорослей на катастрофические события, которые, очевидно, привели к изменению батиметрии водоема, а также нарушению субстратов, на которых развивались диатомеи. Таким образом, катастрофическое событие отражено не только в литологии осадков, но и в изменениях палеоботанических характеристик.

Один из возможных механизмов образования брекчиевого горизонта – катастрофический сброс осадков с бортов котловины в результате тектонической (сейсмодектонической) подвижки по разлому или разнонаправленных косейсмических движений [Nikolaeva et al., 2014]. В этом случае накопленная часть прибрежных осадков могла резко переместиться в более глубокую часть водоема. При встряхивании произошло «взламывание» осадков, что повлекло суспензирование их и последующее переотложение в виде брекчиевого горизонта на уже ранее сформированные и недеформированные слои. Следует отметить, что аналогичные по морфологии и характеру нарушения часто возникают и в результате озерных сейшей или цунами и связаны с землетрясениями [Dawson, Stewart, 2007; Heifetz et al., 2005].

Осадконакопление гиттии в озерах в начале **суббореального периода (SB: 4600–2500 ¹⁴C л. н.)** происходит при резком похолодании и увеличении влажности климата, что находит отражение в исчезновении из СПС пыльцы термофильных пород (см. рис. 3).

Климатические условия способствовали активизации распространения ели, внедрявшейся в уже существующие леса. Последующее потепление вновь приблизило границу ареалов термофильных пород. В лесах безраздельно господствует сосна, но участие в них ели продолжает увеличиваться. Вероятно, леса начинают принимать облик северотаежных.

Согласно полученным палинологическим данным, новая волна похолодания в **субатлантическое время (SA: от 2500 л. н. – настоящее время)** приводит к сокращению участия термофильных пород в лесах более южных территорий, что нашло отражение и в СПС рассматриваемого разреза озера 5, где пыльца этих пород уже не зафиксирована. Все более существенный вклад в растительный покров вносили северотаежные елово-сосновые и березово-сосновые кустарничково-зеленомошные и травяные леса. Возможно, в наиболее благоприятных для нее местообитаниях ель создавала монодоминантные ценозы. В диатомовых комплексах этого периода доля планктонных видов незначительна, отсутствуют теплолюбивые диатомеи, наблюдается некоторое увеличение аркто-альпийских форм, озера становятся более мелководными и холодноводными. Накопление органогенных осадков происходило вплоть до настоящего времени.

Заключение

Изучены отложения шести озерных котловин, в которых выделены четыре фации осадков (приледникового озера, современного озера, болотная и сейсмогенная), характеризующие различные палеообстановки в районе Западной Имандры в голоцене. На основании изучения палеоботанических (палеофлористических), хронометрических (радиоуглеродное датирование) данных, а также литологии донных отложений озер охарактеризованы основные этапы осадконакопления и динамики растительности, которые охватывают периоды от бореального до субатлантического времени. Присутствие сейсмогенной фации в отложениях озера 5 свидетельствует о более значительной роли тектонической компоненты в затухающем процессе релаксации земной коры на снятие нагрузки последнего ледникового покрова, чем принято было считать ранее.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Мурманской области в рамках государственной программы «Развитие экономического потенциала и формирование благоприятного

предпринимательского климата» и РФФИ, проект № 14–05–98 806 p_север_a.

Авторы благодарны Д. А. Максимова, А. П. Николаева, П. А. Маурчеву, М. В. Тороповой за оказанную помощь в проведении полевых работ, Х. А. Арсланову, Э. П. Зазовской за выполнение радиоуглеродного анализа, Н. В. Стойкиной за выполнение ботанического анализа растений, В. В. Кольке за критический разбор рукописи.

Литература

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли-индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.

Демидов И. Н., Шелехова Т. С. Диатомиты Карелии (особенности формирования, распространения, перспективы использования). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 89 с.

Денисов Д. Б. Изменения гидрохимического состава и диатомовой флоры донных отложений в зоне воздействия горнорудного производства (Кольский полуостров) // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 6. С. 719–730.

Евзеров В. Я., Каган Л. Я., Лебедева Р. М. Начальный этап формирования диатомита в оз. Ковдор (юго-западная часть Мурманской области) // История озер в СССР: тезисы докладов VI Всесоюзного совещания. Таллин. 1983. Т. II. С. 47–48.

Евзеров В. Я., Николаева С. Б. Пояса краевых ледниковых образований Кольского региона // Геоморфология. 2000. № 1. С. 61–73.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковые и голоцен Восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. 242 с.

Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я. Й., Корнер Д. Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене-голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 1. С. 73–85.

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 Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (г. Апатиты, 12–17 сентября, 2011 г.). В 2-х т. / Рос. акад. наук, Отд. наук о Земле, Комиссия по изуч. четвертич. периода, Геологический ин-т КНЦ РАН. Апатиты; СПб., 2011. Т. 1. (А–К). С. 294–295.

Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольского полуострова. Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 234 с.

Палеопалинология. Т. 1. Методика палинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий // Тр. ВСЕГЕИ. 1966. Вып. 141. 351 с.

Пыльцевой анализ / Ред. И. М. Покровской. М.: Госгеоиздат, 1950. 571 с.

Павлова Е. Ю., Дорожкина М. В., Девятова Э. И. Природная среда и климат Верхнепонойской депрессии (Кольский п-ов) в позднем неоплейстоцене-голоцене (по данным палинологического анализа донных отложений оз. Чурозеро) // Тез. докл. VII Всерос. совещания по изуч. четв. периода. Апатиты, 2011. С. 128–131.

Субетто Д. А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 339 с.

Хотинский Н. А. Голоцен северной Евразии. М.: Наука, 1977. 199 с.

Хотинский Н. А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода / Ред. Я.-М. К. Пуннинг, И. К. Иванова, Н. В. Кинд, О. А. Чичагова. М.: Наука, 1987. С. 39–45.

Экман И. М., Лукашов А. Д., Колканен А. М., Лийва А. А. Динамика развития озер и озёрности Карельской АССР по данным радиохронологии // Изотопно-геохимические исследования в Прибалтике и Белоруссии. Таллин, 1988. С. 206–217.

Andersen B. G. The deglaciation of Norway 15000–10000 B. P. // *Boreas*. 1979. Vol. 8. P. 79–87.

Anundsen K. Changes in shore-level and ice front position in Late Weichsel and Holocene, southern Norway // *Norsk geografisk Tidsskrift*. 1985. Vol. 39. P. 205–225.

Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia // *Boreas*. 1999. Vol. 28, No. 1. P. 146–166.

Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // *Global and Planetary Change*. 2001. Vol. 31. P. 153–175.

Dawson A., Stewart I. Tsunami deposits in the geological record // *Sedimentary Geology*. 2007. Vol. 200. P. 166–183.

Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway // *Norsk geografisk Tidsskrift*. 1977. No 1. P. 103–128.

Heifetz E., Agnon A., Marco S. Soft sediment deformation by Kelvin Helmholtz Instability: A case from Dead Sea earthquakes // *Earth and Planetary Science Letters*. 2005. Vol. 236. P. 497–504.

Ilyashuk E. A., Ilyashuk B. P., Hammarlund D., Larocque I. Holocene climatic and environmental changes inferred from midge records (Diptera: Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae) at Lake Berkut, southern Kola Peninsula, Russia // *The Holocene*. 2005. Vol. 15. P. 897–914.

Krammer K. Cymbella. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe*. 3: A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 2002. 584 p.

Krammer T., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae, Subwasserflora von Mitteleuropa*, Vol. 2 (1–4). Stuttgart; Jena: Gustav Fisher Verlag. P. 1988–1991.

Kremenetski C. V., Patyk-Kara N. G. Holocene vegetation dynamics of the southeast Kola Peninsula, Russia // *The Holocene*. 1997. Vol. 7. P. 473–479.

Kremenetski C., Vaschalova T., Sulerzhitsky L. The Holocene vegetation history of the Khibiny Mountains: implications for the post-glacial expansion of spruce and alder on the Kola Peninsula, northwestern Russia // *Journal of Quaternary Science*. 1999. Vol. 14, No 1. P. 29–43.

Lohne O. S., Bondevik S., Mangerud J., Svendsen J. I. Sea-level fluctuation imply that the Younger Dryas ice-sheet expansion in western Norway commenced during the Allerod // *Quaternary Sci. Rev.* 2007. No 6. P. 2128–2151.

Nikolaeva S., Lavrova N., Denisov D. New data on effects of strong catastrophic events in lake sediments in European subarctic (Kola Peninsula) // *Paleolimnology of Northern Eurasia. Proceedings of the International Conference (Petrozavodsk, 21–25 September, 2014)* / Eds. D. Subetto, T. Regerand, A. Sidorova. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2014. P. 119–120.

Sapelko T. V., Nosevich E. S. Paleoenvironmental changes during the Holocene in the north of Kola Peninsula according pollen data // *Геоморфология и палеогеография полярных регионов: материалы международной конференции (Санкт-Петербург, СПбГУ, 9–17 сент. 2012 г.)*. СПб., 2012. С. 248–250.

Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. 1997. Vol. 26. P. 329–346.

Solovieva N., Jones V. J. A multiproxy record of Holocene environmental changes in the central Kola Peninsula, northwest Russia // *Journal of Quaternary Science*. 2002. Vol. 17. P. 303–318.

Поступила в редакцию 19.12.2014

References

Davydova N. N. Diatomovye vodorosli-indikatorы prirodnykh uslovii vodoemov v golotsene [The diatoms as indicator of basin environmental conditions in Holocene]. Leningrad: Nauka, 1985. 244 p.

Demidov I. N., Shelekhova T. S. Diatomity Karelii (osobennosti formirovaniya, rasprostraneniya, perspektivy ispol'zovaniya) [Diatomites of Karelia (features of formation, distribution and perspectives of use)]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2006. 89 p.

Denisov D. B. Izmeneniya gidrokhimicheskogo sostava i diatomovoi flory donnykh otlozhenii v zone vozdeistviya gornorudnogo proizvodstva (Kol'skii poluoostrov) [Changes in the hydrochemical composition and diatomic flora of bottom sediments in the zone of influence of metal mining production (Kola Peninsula)]. *Vodnye resursy [Water resources]*. 2007. Vol. 34, No 6. P. 719–730.

Ekman I. M., Lukashov A. D., Kolkanen A. M., Lii-va A. A. Dinamika razvitiya ozer i ozernosti Karel'skoi

ASSR po dannym radiokhronologii [The dynamics of lake and lake percentage of the Karelian ASSR according to radiochronology]. *Izotopno-geokhimicheskie issledovaniya v Pribaltike i Belorussii [Isotope-geochemical investigations in Baltic area and Belorussia]*. Tallin. 1988. P. 206–217.

Evzerov V. Ya., Kagan L. Ya., Lebedeva R. M. Nachal'nyi etap formirovaniya diatomita v oz. Kovdor (yugo-zapadnaya chast' Murmanskoi oblasti) [The initial stage of diatomite formation in Lake Kovdor (southwestern Murmansk Region)]. *Istoriya ozer v SSSR. Tezisy dokladov VI Vsesoyuznogo soveshchaniya [Lake history of the USSR. Proceedings of the VI All-Union conference]*. Tallin. 1983. Vol. II. P. 47–48.

Evzerov V. Ya., Nikolaeva S. B. Poyasa kraevykh lednikovykh obrazovaniy Kol'skogo regiona [Belts of marginal glacial formations of the Kola region]. *Geomorfologiya*. 2000. No 1. P. 61–73.

Elina G. A., Lukashov A. D., Yurkovskaya T. K. Pozdnelednikov'e i golotsen Vostochnoi Fennoskandii (paleorastitel'nost' i paleogeografiya) [Late glacial and Holocene palaeovegetation and palaeogeography of the Eastern Fennoscandia]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2000. 242 p.

Khotinskii N. A. Golotsen severnoi Evrazii [The Holocene of the Northern Eurasia]. Moscow: Nauka, 1977. 199 p.

Khotinskii N. A. Radiouglerodnaya khronologiya i korrelyatsiya prirodnykh i antropogennykh rubezhei golotsena [Radiocarbon chronology and the correlation of natural and anthropogenic boundaries of the Holocene]. *Novye dannye po geokhronologii chetvertichnogo perioda [New data in Quaternary geochronology]*. Eds. Ya.-M. K. Punning, I. K. Ivanova, N. V. Kind, O. A. Chichagova. Moscow: Nauka, 1987. P. 39–45.

Kol'ka V. V., Evzerov V. Ya., Meller Ya. I., Korner D. D. Peremeshchenie urovnya morya v pozdnem pleistotsene – golotsene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozer na yuzhnom beregu Kol'skogo poluoostrova, v raione poselka Umba [Shifts in sea level in late Pleistocene-Holocene and stratigraphy of bottom sediments from the isolated lakes on the southern shore of the Kola peninsula, Umba village]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya [Proceedings of RAS. Geographical series]*. 2013. No 1. P. 73–85.

Kosova A. L., Malysheva M. B., Denisov D. B. K metodike kameral'noi obrabotki prob dlya diatomovogo analiza donnykh otlozhenii [On the methods of cameral treatment of samples for the diatom analysis of bottom sediments]. *Kvarter vo vsem ego mnogoobrazii. Fundamental'nye problemy, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neishikh issledovaniy: Materialy VII Vserossiiskogo soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda (g. Apatity, 12–17 sentyabrya, 2011 g.) [The Quaternary in all of its variety. Basic issues, results and major trends of further research. Proceedings of the VII All-Russian Quaternary conference (Apatity, 12–17 September, 2011)]*. Ros. akad. nauk, Otd. nauk o Zemle, Komissiya po izuch. chetvertich. perioda, Geologicheskii in-t KNTs RAN. Apatity; St.-Petersburg, 2011. Vol. 1. (A–K). P. 294–295.

Lavrova M. A. Chetvertichnaya geologiya Kol'skogo poluoostrova [Quaternary geology of the Kola Peninsula]. Leningrad: AN SSSR, 1960. 234 p.

Paleopalinologiya. Metodika palinologicheskikh issledovaniy i morfologiya nekotorykh iskopaemykh spor, pyl'tsy i drugikh rastitel'nykh mikrofosilii [Paleopalinology. Methodology of palynological studies and morphology of some fossil spores, pollen and other vegetative microfossils]. *Tr. VSEGEI*. 1966. Iss. 141. Vol. 1. 351 p.

Pyl'tsevoi analiz. [Pollen analysis]. Ed. I. M. Pokrovskoi. Moscow: Gosgeoizdat, 1950. 571 p.

Pavlova E. Yu., Dorozhkina M. V., Devyatova E. I. Prirodnyaya sreda i klimat Verkhneponoiskoi depressii (Kol'skii p-ov) v pozdnem neopleistotsene-golotsene (po dannym palinologicheskogo analiza donnykh otlozhenii oz. Churozero) [Late Pleistocene to Holocene environment and climate in the Upper Ponoy depression (Kola Peninsula) reconstructed from pollen record of Churozero Lake bottom deposits]. *Tez. dokl. VII Vseros. soveshchaniya po izuch. chetv. perioda [Proceedings of the VII All-Russian Quaternary conference]*. Apatity. 2011. P. 128–131.

Subetto D. A. Donnye otlozheniya ozer: paleolimnologicheskie rekonstruktsii [Lake bottom sediments: paleolimnological reconstructions]. St. Petersburg.: RGPU im. A. I. Gertsena, 2009. 33 p.

Andersen B. G. The deglaciation of Norway 15000–10000 B. P. *Boreas*. 1979. Vol. 8. P. 79–87.

Anundsen K. Changes in shore-level and ice front position in Late Weichsel and Holocene, southern Norway. *Norsk geografisk Tidsskrift*. 1985. Vol. 39. P. 205–225.

Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia. *Boreas*. 1999. Vol. 28, No. 1. P. 146–166.

Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. *Global and Planetary Change*. 2001. Vol. 31. P. 153–175.

Dawson A., Stewart I. Tsunami deposits in the geological record. *Sedimentary Geology*. 2007. Vol. 200. P. 166–183.

Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway. *Norsk geografisk Tidsskrift*. 1977. No 1. P. 103–128.

Heifetz E., Agnon A., Marco S. Soft sediment deformation by Kelvin Helmholtz Instability: A case from Dead Sea earthquakes. *Earth and Planetary Science Letters*. 2005. Vol. 236. P. 497–504.

Ilyashuk E. A., Ilyashuk B. P., Hammarlund D., Larocque I. Holocene climatic and environmental changes inferred from midge records (Diptera: Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae) at Lake Berkut, southern Kola Peninsula, Russia. *The Holocene*. 2005. Vol. 15. P. 897–914.

Krammer K. Cymbella. In: H. Lange-Bertalot (ed.), *Diatoms of Europe*. 3: A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 2002. 584 p.

Krammer T., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Subwasserflora von Mitteleuropa, Vol. 2 (1–4). Stuttgart; Jena: Gustav Fisher Verlag. P. 1988–1991.

Kremenetski C. V., Patyk-Kara N. G. Holocene vegetation dynamics of the southeast Kola Peninsula, Russia. *The Holocene*. 1997. Vol. 7. P. 473–479.

Kremenetski C., Vaschalova T., Sulerzhitsky L. The Holocene vegetation history of the Khibiny Mountains: implications for the post-glacial expansion of spruce and alder on the Kola Peninsula, northwestern Russia. *Journal of Quaternary Science*. 1999. Vol. 14, No 1. P. 29–43.

Lohne O. S., Bondevik S., Mangerud J., Svendsen J. I. Sea-level fluctuation imply that the Younger Dryas ice-sheet expansion in western Norway commenced during the Allerod. *Quaternary Sci. Rev.* 2007. No 6. P. 2128–2151.

Nikolaeva S., Lavrova N., Denisov D. New data on effects of strong catastrophic events in lake sediments in European subarctic (Kola Peninsula). *Paleolimnology of Northern Eurasia. Proceedings of the International Conference* (Petrozavodsk, 21–25 September, 2014). Eds. Dmitry Subetto, Tatyana Regerand, Anastasiya Sidorova. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2014. P. 119–120.

Sapelko T. V., Nosevich E. S. Paleoenvironmental changes during the Holocene in the north of Kola Peninsula according pollen data. *Geomorfologiya i paleogeografiya polyarnykh regionov. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii (Sankt-Peterburg, SPbGU, 9–17 sent. 2012 g.) [Geomorphology and palaeogeography of polar regions. Proceedings of the international conference (St. Petersburg, SPSU, 9–17 September, 2012)]*. St. Petersburg, 2012. P. 248–250.

Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia. *Boreas*. 1997. Vol. 26. P. 329–346.

Solovieva N., Jones V. J. A multiproxy record of Holocene environmental changes in the central Kola Peninsula, northwest Russia. *Journal of Quaternary Science*. 2002. Vol. 17. P. 303–318.

Received December 19, 2014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Николаева Светлана Борисовна

старший научный сотрудник, к. г.-м. н.
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: nikolaeva@geoksc.apatity.ru
тел.: (81555) 79575

Лаврова Надежда Борисовна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: Lavrova@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 782753

Толстобров Дмитрий Сергеевич

младший научный сотрудник
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: tolstobrov@geoksc.apatity.ru
тел.: (81555) 79575

Денисов Дмитрий Борисович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт проблем промышленной экологии Севера
Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14а, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: denisov@iner.ksc.ru
тел.: (81555) 79776

CONTRIBUTORS:

Nikolaeva, Svetlana

Geological Institute, Kola Science Centre,
Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: nikolaeva@geoksc.apatity.ru
tel.: (81555) 79575

Lavrova, Nadezhda

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: Lavrova@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 782753

Tolstobrov, Dmitry

Geological Institute, Kola Science Centre,
Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: tolstobrov@geoksc.apatity.ru
tel.: (81555) 79575

Denisov, Dmitry

Institute of Industrial Ecology Problems of the North,
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences
14a Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: denisov@iner.ksc.ru
tel.: (81555) 79776

УДК 551.89

ПРИМЕНЕНИЕ БАЗЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА «Q-KOLA» В ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

И. М. Греков¹, Д. А. Субетто^{1, 2}

¹ Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена

² Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

База палеогеографических данных «Q-KOLA» создана с целью систематизации, статистического анализа и визуализации информации об истории развития природных экосистем Кольского полуострова в позднеледниковье и голоцене. Возможно применение в лимнологических и палеогеографических исследованиях. Может быть использована в работе специалистов геоморфологов, палеогеографов и археологов.

Ключевые слова: Кольский полуостров, палеогеография, лимнология, позднеледниковье, ранний голоцен.

I. M. Grekov, D. A. Subetto. APPLICATION OF THE PALEOGEOGRAPHIC DATABASE OF THE KOLA PENINSULA «Q-KOLA» IN PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCH

The paleogeographic database «Q-KOLA» was created to systematize, statistically analyze and visualize information about the history of the natural ecosystems of the Kola Peninsula in the Late Glacial and Holocene. The database can be used in limnological and paleogeographic studies. It would be of use for specialists in geomorphology, palaeogeography and archaeology.

Key words: Kola Peninsula, palaeogeography, limnology, Late Glacial, Early Holocene.

Введение

Реконструкция изменений природной среды позднеледниковья и раннего голоцена является актуальным вопросом изучения четвертичного периода и требует множества данных из разнообразных источников. Изучение палеогеографии Кольского полуострова уже более 100 лет привлекает внимание ученых разных специальностей – палеогеографов, геологов, геоморфологов, палеолимнологов, палеоботаников и др. В целях каталогизации, систематизации данных и создания картографических материалов

в работе над исследованием была создана база палеогеографических данных «Q-KOLA» (БД). Особое внимание уделено материалам, имеющим обоснованную серию радиоизотопных дат и детальное описание разреза. Основными источниками такой информации являются четвертичные отложения: донные осадки озер, торфяные залежи и морские отложения.

Материалы и методы

База «Q-KOLA» создана в формате MS Excel, что удобно для дальнейшей обработки данных

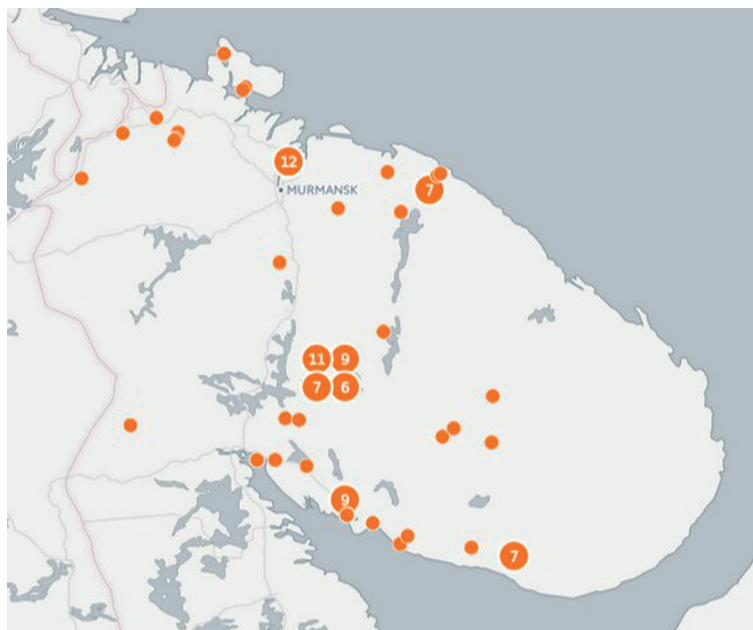


Рис. 1. ГИС-схема расположения объектов базы данных Q-KOLA на территории Кольского полуострова

и отображения в различных ГИС-оболочках. В настоящее время ГИС-оболочкой служит онлайн-сервис CartoDB (cartodb.com).

База данных содержит в текущий момент 114 объектов, имеющих информацию о возрасте формирования четвертичных осадков в регионе исследования (рис. 1). Восточная часть Мурманского побережья, Понойская котловина и восточное побережье Кольского полуострова являются труднодоступными и малоизученными территориями, о которых достоверная информация в литературных источниках отсутствует.

По имеющимся данным с помощью SQL-запросов пользователь может создать выборку сведений, характеризующих этапы и особенности возникновения органических четвертичных отложений на территории Кольского полуострова начиная с позднеледниковья и до современного периода. Выборка информации может быть организована по возрасту, высоте над уровнем моря, географическим координатам и прочим параметрам объектов, заложенным в базу данных.

Результаты и обсуждение

По содержащимся в базе данным можно воссоздать динамику возникновения органических четвертичных отложений на территории Кольского полуострова начиная с позднеледниковья и до периода климатического оптимума (10 800–4500 ^{14}C лет назад [здесь и далее – Арсланов, 1992]).

На рисунке 2 объекты изображены поэтапно по времени периода их формирования. По причине труднодоступности восточной части Кольского полуострова и малого количества исследований четвертичных отложений в указанном районе необходимо признать *terra incognita* восточную часть Мурманского побережья, Понойскую котловину и восточное побережье полуострова.

DR3 – период похолодания позднего дриаса (10 900–10 200 тыс. ^{14}C л. н.). Начиная с позднего дриаса гляциоизостатическое поднятие опережает эвстатическое поднятие уровня моря, особенно в западных районах, что выразилось в формировании серии террас на беломорском и баренцевоморском побережьях Кольского полуострова [Кошечкин, 1979]. Найденные органические остатки немногочисленны и фиксируются на побережьях, что говорит об относительно неравномерном оледенении на берегу современного Белого моря (по всей видимости, с приледниковыми водоемами). Также начинают формироваться приледниковые древнеозерные осадки в центральной части Кольского полуострова в районе озера Имандра, что подтверждают наблюдения несплошного оледенения региона [Малясова и др., 1974].

PB – начало раннего голоцена (10 300–9300 ^{14}C л. н.), является самым насыщенным событиями этапом голоцена для территории Кольского полуострова. Неравномерная дегляциация, перигляциальные ландшафты, приледниковые водоемы и эвстатическое поднятие Мирового океана формировали разнообразный

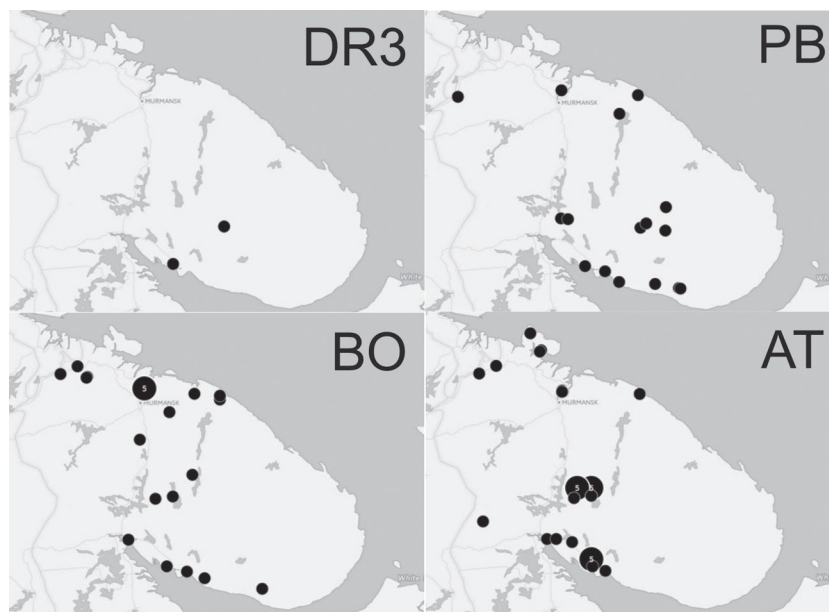


Рис. 2. Возникновение четвертичных отложений в голоцене начиная с позднеледникового периода до периода климатического оптимума голоцена

облик региона. Многочисленные заливы Баренцева моря и водоема, занимающего котловину Белого моря, проникали вглубь полуострова и ускоряли процесс дегляциации. Освободившуюся территорию начинала заселять пионерная растительность берез и сосен, соседствовавшая с уже сформированными перигляциальными и кустарничковыми фитокомплексами [Лебедева, 1984; Елина и др., 2000, Греков и др., 2013б]. По данным БД, освобожденными ото льда территориями можно считать южное побережье и северо-западную часть полуострова [Греков и др., 2013а]. Среди отложений преобладают морские и приледниковые. Единичны случаи начала изоляционной стадии озер и начала формирования торфяных отложений. Преобладающая часть датировок изоляционных стадий находится на севере, в бассейне Баренцева моря. Все вышеизложенное говорит о начале освобождения ото льда территорий на севере полуострова и большой неравномерности дегляциации на юге. На территории Понойской котловины также найдены озерно-ледниковые отложения, однако нельзя сказать, что эта территория уже освободилась от ледяного покрова [Малясова и др., 1974].

ВО – бореальный период, продолжался в течение 1300 лет с 9300 до 8000 тыс. ^{14}C л. н. Достоверно можно сказать, что ото льда уже освободилась большая часть Кольского полуострова. Равномерно по территории начали формироваться торфяные отложения, а по периферии продолжают морские осадконакопления с отчетливым содержанием малакофауны.

АТ – атлантический период (7000–4500 ^{14}C л. н.), климатический оптимум голоцена. В условиях климатического оптимума зональность значительно отличалась от современной. Практически исчезла зона тундры, а лесотундра примыкала к самому берегу Баренцева моря [Елина и др., 2000]. В данных БД этот период проявляется как самый многочисленный по датировкам этап и выделяется множественными данными изоляции озерных котловин – как результата остановки эвстатического поднятия Мирового океана и продолжающейся гляциоизостазии.

Выводы

База палеогеографических данных «Q-KOLA» представляет собой открытую структуру для хранения данных по региону исследования и управления ими. К ней прилагаются литературные источники в формате *.pdf или *.djvu по каждому объекту. Может применяться при лимнологических и палеогеографических исследованиях Кольского полуострова. База данных «Q-KOLA» обеспечивает структурированное хранение, статистическую обработку, графическое представление данных, разработку сценариев развития палеоэкологической ситуации, реконструкцию палеогеографических условий окружающей среды в голоцене, создание региональных временных геохронологических шкал.

Работа выполняется при частичной поддержке гранта РФФИ № 13–05–01 039.

Литература

Арсланов А. Х. Геохронологическая шкала позднего плейстоцена Русской равнины // Геохронология четвертичного периода. М.: Наука, 1992. С. 10–19.

Греков И. М., Зарецкая Н. Е., Колька В. В. Раннеголоценовые отложения долины р. Кузреки // Фундаментальные проблемы кватернера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: VIII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: сб. статей (г. Ростов-на-Дону, 10–15 июня 2013 г.). Ростов-н/Д: ЮНЦ РАН, 2013а. С. 151–152.

Греков И. М., Кошелева Е. А., Сырых Л. С. Использование данных палеолимнологических исследований малых озер Кольского полуострова для реконструкции ландшафтных изменений в раннем голоцене // Сб. науч. трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических

и прикладных исследований 2013». Одесса: КУПРИЕНКО, 2013б. Вып. 1, т. 46. С. 35–38.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. 241 с.

Кошечкин Б. И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1979. 158 с.

Лебедева Р. М. История развития растительности северо-востока Балтийского щита в антропогене // Природа и хозяйство Севера. Мурманск: Кн. изд-во, 1984. Вып. 12. С. 25–29.

Малясова Е. С., Ельчанинова Е. М., Вишневская Е. М. Пыльца и споры из донных осадков озер центральной части Кольского полуострова и некоторые вопросы палеогеографии голоцена этой территории // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974.

Поступила в редакцию 22.12.2014

References

Arslanov A. Kh. Geokhronologicheskaya shkala pozdnego pleistotsena Russkoi ravniny [Geochronological scale of the late Neopleistocene in the Russian Plain]. *Geokhronologiya chetvertichnogo perioda* [Geochronology of the Quaternary period]. Moscow: Nauka, 1992. P. 10–19.

Elina G. A., Lukashov A. D., Yurkovskaya T. K. Pozdnelednikov'e i golotsen vostochnoi Fennoskandii (paleorastitel'nost' i paleogeografiya) [Late glacial and holocene palaeovegetation and palaeogeography of the Eastern Fennoscandia]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2000. 241 p.

Grekov I. M., Zaretskaya N. E., Kol'ka V. V. Rannegolotsenovye otlozheniya doliny r. Kuzreki [The Early Holocene deposits of the Kuzreka River Valley]. Fundamental'nye problemy kvartera, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neishikh issledovaniy: VIII Vserossiiskoe soveshchanie po izucheniyu chetvertichnogo perioda (g. Rostov-na-Donu, 10–15 iyunya 2013 g.) [Fundamental problems of Quaternary, results and main trends of further studies: proceedings of the VIII All-Russian conference on Quaternary research (Rostov-na-Donu, 10–15 June, 2013)]. Rostov-na-Donu: YuNTs RAN, 2013a. P. 151–152

Grekov I. M., Kosheleva E. A., Syrykh L. S. Ispol'zovanie dannykh paleolimnologicheskikh issledovaniy mal'nykh ozer Kol'skogo poluostrova dlya rekonstruktsii landshaftnykh izmeneniy v rannem golotsene [Using paleolimnological data of small lakes of the Kola Peninsula for the reconstruction of landscape changes in the Early

Holocene]. Sbornik nauchnykh trudov SWorld. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovremennye napravleniya teoreticheskikh i prikladnykh issledovaniy 2013» [Collected scientific works SWorld. Proceedings of the international scientific and practical conference «Modern directions of theoretical and applied research 2013»]. Odessa: KUPRIENKO, 2013b. Iss. 1, vol. 46. P. 35–38

Koshechkin B. I. Golotsenovaya tektonika vostochnoi chasti Baltiiskogo shchita [The Holocene tectonics of the eastern part of the Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1979. 158 p.

Lebedeva R. M. Istoriya razvitiya rastitel'nosti severo-vostoka Baltiiskogo shchita v antropogene [The history of vegetation development in the northeastern part of the Baltic Shield in Quaternary]. *Priroda i khozyaistvo Severa* [Nature and economy of the North]. Murmansk: Kn. izd-vo, 1984. Iss. 12. P. 25–29.

Malyasova E. S., El'chaninova E. M., Vishnevskaya E. M. Pyl'tsa i spory iz donnykh osadkov ozer tsentral'noi chasti Kol'skogo poluostrova i nekotorye voprosy paleogeografii golotsena etoi territorii [Pollen and spores from bottom sediments of lakes in central Kola Peninsula and some issues of the Holocene paleogeography of this region]. *Ozera razlichnykh landshaftov Kol'skogo poluostrova* [Lakes in different landscapes of the Kola Peninsula]. Leningrad, 1974.

Received December 22, 2014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Греков Иван Михайлович

ассистент кафедры физической географии
и природопользования географического факультета
Российский государственный педагогический
университет им. А. И. Герцена
наб. Мойки, 48, Санкт-Петербург, Россия, 191186
эл. почта: ivanmihgrekov@gmail.com

Субетто Дмитрий Александрович

директор, д. г. н.
Институт водных проблем Севера Карельского научного
центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185030
эл. почта: subetto@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Grekov, Ivan

Herzen State Pedagogical University of Russia
48 Moika, 191186 St. Petersburg, Russia
e-mail: ivanmihgrekov@gmail.com

Subetto, Dmitry

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: subetto@mail.ru

УДК 551.89

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О РАЗВИТИИ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА В ГОЛОЦЕНЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХИРОНОМИДНОГО И ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

Л. С. Сырых^{1,2}, Л. Б. Назарова^{3,4}, Д. А. Субетто^{1,2}

¹ *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

² *Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена*

³ *Институт Земли и экологических наук, Потсдамский университет, Германия*

⁴ *Казанский (Приволжский) федеральный университет*

Основная задача данного исследования состоит в реконструкции и анализе изменений природно-климатических условий голоцена для Карельского перешейка. Весной 2012 года были отобраны образцы донных отложений оз. Медведевского. По данным AMS-датирования установлен возраст осадков, который охватывает позднеледниковье и весь голоцен. Комплексный анализ донных отложений включил в себя литологический, LOI и хирономидный анализы. По результатам хирономидного анализа было выделено четыре стратиграфические зоны и составлена реконструкция природных обстановок, соответствующих выделенным зонам.

К л ю ч е в ы е с л о в а: хирономидный анализ, голоцен, реконструкция климатических условий, Карельский перешеек.

L. S. Syrykh, L. B. Nazarova, D. A. Subetto. PRELIMINARY DATA ON CLIMATE DEVELOPMENT IN THE TERRITORY OF THE KARELIAN ISTHMUS IN THE HOLOCENE BASED ON THE RESULTS OF CHIRONOMIDS AND LITHOLOGICAL ANALYSIS

The main objective of this study was to reconstruct and analyze changes in the natural and climatic conditions in the Karelian Isthmus over the Holocene. Bottom sediment samples from Lake Medvedevskoye were taken in the spring 2012. The sediments were AMS dated, and the datings were found to embrace the Late Glacial period and the entire Holocene. The integrated treatment of the bottom sediments included lithological, LOI and chironomid analyses. Based on the results of chironomid analysis, four stratigraphic zones were distinguished, and the natural environments corresponding to these zones were reconstructed.

Key words: chironomid analysis, Holocene, reconstruction of climatic conditions, Karelian Isthmus.

Введение

Реконструкция природных условий позднеледниковья и голоцена для перигляциальных

территорий – актуальная проблема современной науки [Nazarova, 2013a; Sundqvist et al., 2014]. Источником информации о развитии климата удаленного исторического прошлого

по-прежнему остаются природные архивы (донные отложения озер, почвы, лед и др.). Наиболее полная картина условий прошлого может быть восстановлена путем комплексного исследования природных архивов, с тем чтобы информация, полученная при изучении отдельных индикаторных групп, позволяла реконструировать экологические условия прошлого с высокой степенью точности [Self et al., 2011]. Использование хорошо сохраняющихся в донных отложениях остатков головных капсул хирономид для целей палеоклиматологии становится все более популярным. Благодаря космополитному распространению, которое в глобальном масштабе лимитируется температурой, хирономиды являются одними из лучших индикаторов климата [Brooks, Birks, 2001] и обладают значительным потенциалом для оценки и других экологических изменений. Иными словами, на основе хирономидного анализа может быть получена не только количественная реконструкция климатических показателей, но и составлена качественная, т. е. возможно воссоздать картину изменения природных обстановок: динамику уровня воды в водоемах, изменение трофности водоема, распространение прибрежной растительности и зарастание водоема. Основа для достоверных количественных палеореконовструкций с применением биоиндикаторных организмов, и хирономид в частности, – статистические модели, разработанные на основе региональных калибровочных баз данных. За последние десятилетия такие базы данных и модели были разработаны и широко применяются в Северной

Европе и Северной Америке [Larocque et al., 2001; Barley et al., 2006]. Совсем недавно подобные модели были созданы и стали применяться и в России [Nazarova, 2008, 2011], позволяя получать реконструкции палеоклимата с высокой степенью точности [Self et al., 2011; Nazarova et al., 2013a, b].

Целью нашего исследования было проведение реконструкции палеоэкологических условий голоцена на территории Карельского перешейка на основе анализа колонки донных отложений озера Медведевское, с использованием хирономид (Diptera: Chironomidae) в качестве индикаторной группы и российской статистической хирономидной модели [Nazarova, 2011].

Объектом исследования выбрано озеро Медведевское, Карельский перешеек (60°14' с. ш., 29°54' в. д., 102,2 м н. у. м.). Это небольшое мелководное озеро: площадь зеркала воды составляет 0,44 км², максимальная глубина – около 4 м (рис. 1). Оз. Медведевское расположено на Центральной возвышенности Карельского перешейка, в зоне распространения возвышенностей на валунных (моренных) суглинках и супесях. Берега отлогие, местами низкие, песчано-каменистые и суглинистые, покрыты лиственным лесом с примесью хвойных пород. Восточный и западный берега заболочены. Дно озера преимущественно песчано-каменистое, местами присутствуют заиленные участки. Вода светлая и прозрачная. Загрязнение озера незначительное. Зарастаемость – около 20 % площади. Летнего «цветения» воды практически нет [Субетто, 2009; Андроников и др., 2014].



Рис. 1. Местонахождение озера Медведевского, Карельский перешеек

Колонка донных отложений № 1		
№ гор-та	Глубина, см	Описание
1	235–318	Темно-коричневая органогенная гиттия. Нижняя граница резкая
2	318–330	Зеленовато-серая с буроватыми прослойками глинистая гиттия
Колонка донных отложений № 2		
1	260–410	Темно-бурая органогенная гиттия с включениями детрита в верхней части 40 см
2	410–430	Темно-бурая органогенная гиттия с полосчатостью. Верхняя граница нечеткая
3	430–432	Мхи
4	432–453	Зеленовато-серая глинисто-алевритовая гиттия. Нижняя граница четкая
5	453–502	Темно-серая плотная алевритовая глина с примесью песка. На глубине 498 см темный прослой

Благодаря своему высотному положению и малой площади водосборного бассейна оно, во-первых, не заливалось водами крупных приледниковых водоемов после дегляциации Карельского перешейка и, во-вторых, характеризуется непрерывным осадконакоплением и преобладанием в осадках автохтонной и эоловой составляющих [Субетто, 2009].

Материалы и методы

Весной 2012 года со льда были отобраны две колонки донных отложений: на мелководье (длина колонки 1 м) и в глубокой части озера (длина 2,5 м), для выполнения литологического анализа, LOI и хирономидного анализа. Донные отложения представлены позднеледниковыми серыми песками и глинами и голоценовыми темно-бурными органогенными илами (табл.). В ранних исследованиях этого разреза было выявлено наличие в нем тонкого прослоя вулканического пепла Ведде, датируемого 12,0 тыс. к. л. н. [Andronikov, Subetto, 2014], а также были обнаружены следы метеоритного удара в позднедриасовых осадках [Андроников и др., 2014; Subetto et al., 2014].

Образцы исследуемой колонки донных отложений были продатированы методом ускорительной масс-спектрометрии (^{14}C AMS-методом): по данным анализа, возраст колонки охватывает период позднеледниковья и весь голоцен.

Хирономидный анализ

Для хирономидного анализа были отобраны образцы донных отложений через каждые 6 см. Обработку проб донных осадков проводили по стандартной методике [Brooks, 2007]. Определение проводили по современному специализированному определителю [Brooks, 2007; Self

et al., 2011] и национальной коллекции хирономид Музея Естественной Истории, Лондон, Великобритания. Диаграмма построена в программе C2. Биоразнообразие и выравненность хирономидных сообществ были оценены с помощью индексов Шеннона (H) и Пиелу (I). Для исследования общих тенденций изменений видового состава был использован метод непрямых компонент (Principal component analysis, PCA). Реконструкция среднеиюльской температуры (Т июля) воздуха составлена по российской хирономидной модели [Назарова, 2013].

Все проанализированные таксоны принадлежат к четырем родам: Chironominae, Orthoclaadiinae, Tanypodinae, Diamesinae. Доминантные таксоны относятся к трем родам: Chironominae триба Chironomini (*Dicrotendipes nervosus*-type, *Microtendipes pedellus*-type, *Sergentia coracina*-type) и Tanytarsini (*Corynocera ambigua*, *Micropsectra insignilobus*-type, *Paratanytarsus austriacus*-type), Tanypodinae (*Procladius*) и Orthoclaadiinae (*Psectrocladius sordidellus*-type, *Heterotanytarsus*, *Heterotrissocladus maeaeri*-type 1, *Zalutschia zalutschicola*-type). Ни один вид не встречается во всех исследуемых образцах. Наиболее распространены *Tanytarsus mendax*-type и *Psectrocladius sordidellus*-type, они встречаются во всех зонах [Syrykh et al., 2014a, b].

Послойный кластерный анализ позволил выделить четыре основные зоны.

Зона 1: интервал 456–492 см (10 431–8300 лет до н. д.) соответствует переходному периоду от позднеледниковья к голоцену. Видовое разнообразие невелико, в каждой пробе представлено 13–14 таксонов. Среднее значение $H = 2$ и $I = 0,6$. Доминирующими являются таксоны-индикаторы умеренных или прохладных температур (*Sergentia coracina*-type, *Micropsectra insignilobus*-type, *Heterotrissocladus maeaeri*-type 1). Также отмечается

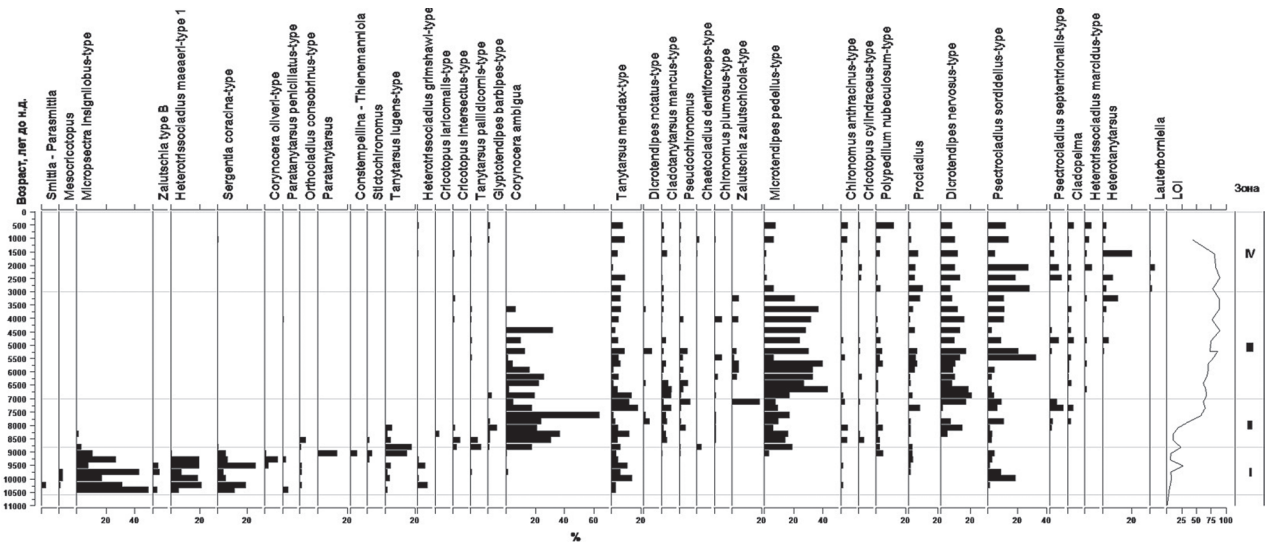


Рис. 2. Стратиграфическое распространение таксонов хирономид в донных отложениях оз. Медведовское и LOI

присутствие в достаточно большом количестве *Zalutschia type B*, *Paratanytarsus penicillatus-type*, *Heterotrissocladus grimshawi-type* и других холодноводных таксонов. Полученная реконструкция согласуется с результатами анализа потери при прокаливании (LOI): в данный период при прохладном климате происходило накопление минеральных осадков, водоем был олиготрофным (рис. 2).

Зона II: интервал 416–456 см (8700–7000 лет до н. д.). Доминирующий таксон *Corynocera ambigua* ассоциируется с холодными условиями, встречается в олиготрофных озерах последнего межстадиала раннего голоцена. Численность *Microtendipes pedellus-type* постепенно повышается в верхней части зоны. Данный таксон является индикатором промежуточных (средних) температур в голоцене в Северной Европе [Brooks, 2007]. Постепенно повышается видовое разнообразие хирономидных сообществ. Наличие *Dicrotendipes nervosus-type*, *Zalutschia zalutschicola-type* и др. свидетельствует о присутствии макрофитов. В этот период постепенно повышаются температуры, увеличивается трофность водоема.

Зона III: интервал 340–416 см (7000–3000 лет до н. д.). В данной зоне наблюдается уменьшение количества *Corynocera ambigua* и увеличение *Microtendipes pedellus-type* и *Dicrotendipes nervosus-type*. Также здесь отмечается наличие *Procladius*, который ассоциируется с уменьшением количества кислорода в водоеме и повышением его трофности [Brooks, 2007].

Зона IV: интервал 260–322 (от 3000 лет до н. д.) характеризуется преобладанием *Dicrotendipes nervosus-type*, *Microtendipes pedellus-type*, *Psectrocladius sordidellus-type*,

в верхней части зоны выделяется *Heterotanytarsus*. Виды относятся преимущественно к тепловодным обитателям литоральной зоны озера. Климатические условия близки к современным. Реконструированные температуры показывают некоторое похолодание климата.

Обсуждение

Дегляциация Карельского перешейка между Финским заливом и Ладожским озером произошла во время отступления ледников лужской и невской стадий последнего оледенения. По данным варвохронологических исследований и радиоуглеродного датирования (AMS), возраст лужской стадии $\approx 14\,250$ кал. л. н., невской $\approx 13\,300$ кал. л. н., стадий смальпаусселья I $\approx 12\,250$ кал. л. н. и сальпаусселья II $\approx 11\,600$ кал. л. н. По-видимому, Центральная возвышенность Карельского перешейка освободилась ото льда ранее 13 500 кал. л. н. и представляла собой в то время нунатак – остров или полуостров, возвышающийся над поверхностью ледника, с небольшими внутренними приледниковыми озерами. Во время формирования краевых образований сальпаусселья северная низменная часть Карельского перешейка была дном Балтийского ледникового озера, уровень которого достигал 60–80 м [Субетто, 2009].

Озеро Медведовское расположено с внешней стороны границы невской стадии оледенения. Благодаря высокому гипсометрическому положению озеро не заливалось водами приледниковых бассейнов [Субетто, 2009; Андроников и др., 2014]. В литологии нижней

части донных отложений озера наблюдается четкий переход от темно-серой плотной алевритовой глины к органогенной гиттии. Увеличение органики в составе донных отложений отражает быстрое увеличение продуктивности озера и уменьшение поступления аллохтонного минерального вещества с водосбора. Это связано с процессами стабилизации и развития почвенного покрова на водосборе и, как следствие, с увеличением роли автохтонного органического вещества в озерном осадконакоплении. Высокая продуктивность органического вещества в озере связана с потеплением и увеличением влажности климата на рубеже плейстоцена и голоцена.

В растительных сообществах наблюдается преобладание травянистых растений по сравнению с древесными. Это соответствует холодным климатическим условиям позднего дриаса. В сообществах хирономид данного периода наблюдается низкое видовое разнообразие, преобладание холодноводных таксонов, что соответствует холодному сухому климату позднеледниковья.

Постепенное потепление и таяние льдов и многолетней мерзлоты в период 10 000–10 500 лет до н. д. повлияло на смену почвенно-растительного покрова: в палиноспектре появляется пыльца сосны (*Pinus*) и березы (*Betula*), увеличивается содержание пыльцы ольхи (*Alnus incana*); среди травянистых преобладают злаки (*Poaceae*) и осоки (*Cyperaceae*) [Субетто, 2009]. Изменение природных обстановок отразилось и на составе хирономидных сообществ: появляются тепловодные виды, являющиеся индикаторами умеренно теплого и влажного климата (*Microtendipes pedellus*-type, *Dicrotendipes nervosus*-type, *Procladius*).

Помимо температуры на изменение состава хирономидных сообществ влияет химический состав воды и pH. Увеличение количества ацидофобных организмов, вероятно, связано с увеличением биопродукции в озере и, как следствие, изменением его трофности, а также уменьшением поступления аллохтонного вещества с водосбора, что в свою очередь обусловлено формированием почвенно-растительного покрова на побережье. Так, например, в начале голоцена (8800–7300 лет до н. д.) наблюдается резкое увеличение числа ацидофобных видов, в частности *Corynoscera ambigua*.

Таким образом, предварительно полученные результаты исследования донных отложений оз. Медведевского, период седиментации которых охватывает позднеледниковье и весь голоцен, с применением первой в России статистической температурной хирономидной

модели и литологического анализа позволили получить качественную реконструкцию климатических условий голоцена Карельского перешейка, что дало новую информацию о развитии палеоэкологических условий данного региона.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13–05–41457_РГО-а, гранта ОШЛ, при поддержке государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров, а также проекта 3.1.1 «Совершенствование и развитие внутрироссийской и международной мобильности аспирантов и молодых научно-педагогических работников РГПУ им. А. И. Герцена, развитие системы консалтинговых услуг для молодых научно-педагогических работников и аспирантов в сфере инновационной деятельности» в РГПУ им. А. И. Герцена.

Литература

- Андроников А. В., Субетто Д. А., Лауретта Д. С. и др. Поиск следов метеоритного удара: особенности распределения микроэлементов в позднеледниковых осадках оз. Медведевского (Карельский перешеек, Россия) // Доклады Академии наук. 2014. № 1. С. 69–73.
- Назарова Л. Б. Использование биологических индикаторов в палеоэкологических исследованиях // Биологические индикаторы в палеобиологических исследованиях: атлас / Ред. Л. Б. Назарова. Казань: Казан. ун-т. 2013. С. 4–7.
- Субетто Д. А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена. 2009. 309 с.
- Andronikov A., Subetto D., Lauretta D. et al. In Search for Fingerprints of an Extraterrestrial Event: Trace Element Characteristics of Sediments from the Lake Medvedevskoye (Karelian Isthmus, Russia) // Doklady Earth Sciences. 2014. № 1. P. 819–823.
- Barley E. M., Walker I. R., Kurek J. et al. A northwest North American training set: distribution of freshwater midges in relation to air temperature and lake depth // Journal of Paleolimnology. 2006. Vol. 36. P. 295–314.
- Brooks S. J., Birks H. J. B. Chironomid inferred air temperature from late glacial and Holocene sites in north-west Europe: progress and problems // Quaternary Science Reviews. 2001. Vol. 20. P. 1723–1741.
- Brooks S. J., Langdon P. G., Heiri O. Using and identifying chironomid larvae in palaeoecology // QRA Technical Guide No 10, Quaternary Research Association, London. 2007. 276 p.
- Larocque I., Hall R. I., Grahn E. Chironomids as indicators of climatic and environmental change: A 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland) // Journal of Paleolimnology. 2001. Vol. 26. P. 307–322.

Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Ushnitskaya L., Hubberten H. W. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research // *Contemporary Problems of Ecology*. 2008. Vol. 1. P. 335–345.

Nazarova L., Herzschuh U., Wetterich S. et al. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia // *Journal of Paleocology*. 2011. Vol. 45. P. 57–71.

Nazarova L., Lüpfer H., Subetto D. et al. Holocene climate conditions in Central Yakutia (North-Eastern Siberia) inferred from sediment composition and fossil chironomids of Lake Temje // *Quaternary International*. 2013a. P. 264–274.

Nazarova L., de Hoog V., Hoff U., Diekmann B. Late Holocene climate and environmental changes in Kamchatka inferred from subfossil chironomid record // *Quaternary Science Reviews*. 2013b. P. 81–92.

Self A. E., Brooks S. J., Birks H. J. B. et al. The distribution and abundance of chironomids in high-latitude Eurasian lakes with respect to temperature and continentality: development and application of new chironomid-based climate-inference models in northern

Russia // *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. P. 1122–1141.

Subetto D., Andronikov A., Lauretta D. et al. Variation of trace element concentrations in a lake sediment sequence in the AI-YD transition zone (NW Russia) // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly. 2014. Vol. 16. 576 p.

Sundqvist H. S., Kaufman D. S., McKay N. P. et al. Arctic Holocene proxy climate database – new approaches to assessing geochronological accuracy and encoding climate variables // *Clim. Part. 10*. P. 605–1631. DOI:10.5194/cp-10-1605-2014, 2014. IF 3.482

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. Paleoeological research on the Karelian Isthmus, northwestern Russia (evidence from chironomid analysis lake Medvedevskoe) // 19th International Symposium on Chironomidae. 2014a. 85 p.

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. et al. Multi-proxy reconstruction of climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia // *Geophysical Research Abstracts*. EGU General Assembly, 2014b. Vol. 16. 576 p.

Поступила в редакцию 26.12.2014

References

Andronikov A. V., Subetto D. A., Lauretta D. S., Andronikova I. E., Drosenko D. A., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V., Syrykh L. S. Poisk sledov meteoritnogo udara: osobennosti raspredeleniya mikroelementov v pozdnepleitotsenovykh osadkakh oz. Medvedevskogo (Karel'skii peresheek, Rossiya) [In search for fingerprints of a meteorite hit: characteristics of trace element distribution of sediments from the Lake Medvedevskoye (Karelian Isthmus, Russia) in the Late Pleistocene]. *Doklady Akademii nauk [Proceedings of RAS]*. 2014. No 1. P. 69–73.

Nazarova L. B. Ispol'zovanie biologicheskikh indikatorov v paleoekologicheskikh issledovaniyakh [The use of biological indicators in paleoecological studies]. *Biologicheskie indikatory v paleobiologicheskikh issledovaniyakh: atlas [Biological indicators in paleobiological studies: atlas]*. Ed. L. B. Nazarova. Kazan': Kazan. un-t. 2013. P. 4–7.

Subetto D. A. Donnye otlozheniya ozer: paleolimnologicheskie rekonstruktsii [Lake bottom sediments: paleolimnological reconstructions]. St. Petersburg: RGPU im. A. I. Gertsena. 2009. 309 p.

Andronikov A., Subetto D., Lauretta D., Andronikova I., Rudnickaite E., Drosenko D., Syrykh L. In Search for Fingerprints of an Extraterrestrial Event: Trace Element Characteristics of Sediments from the Lake Medvedevskoye (Karelian Isthmus, Russia). *Doklady Earth Sciences*. 2014. No 1. P. 819–823.

Barley E. M., Walker I. R., Kurek J., Cwynar L. C., Mathewes R. W., Gajewski K., Finney B. P. A northwest North American training set: distribution of freshwater midges in relation to air temperature and lake depth. *Journal of Paleolimnology*. 2006. Vol. 36. P. 295–314.

Brooks S. J., Birks H. J. B. Chironomid inferred air temperature from late glacial and Holocene sites in north-west Europe: progress and problems. *Quaternary Science Reviews*. 2001. Vol. 20. P. 1723–1741.

Brooks S. J., Langdon P. G., Heiri O. Using and identifying chironomid larvae in palaeoecology. *QRA Technical Guide No 10*, Quaternary Research Association, London. 2007. 276 p.

Larocque I., Hall R. I., Grahn E. Chironomids as indicators of climatic and environmental change: A 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland). *Journal of Paleolimnology*. 2001. Vol. 26. P. 307–322.

Nazarova L. B., Pestryakova L. A., Ushnitskaya L., Hubberten H. W. Chironomids (Diptera: Chironomidae) in lakes of central Yakutia and their indicative potential for paleoclimatic research. *Contemporary Problems of Ecology*. 2008. Vol. 1. P. 335–345.

Nazarova L., Herzschuh U., Wetterich S., Kumke Th., Pestjakova L. Chironomid-based inference models for estimating mean July air temperature and water depth from lakes in Yakutia, northeastern Russia. *Journal of Paleocology*. 2011. Vol. 45. P. 57–71.

Nazarova L., Lüpfer H., Subetto D., Pestryakova L., Diekmann B. Holocene climate conditions in Central Yakutia (North-Eastern Siberia) inferred from sediment composition and fossil chironomids of Lake Temje. *Quaternary International*. 2013a. P. 264–274.

Nazarova L., de Hoog V., Hoff U., Diekmann B. Late Holocene climate and environmental changes in Kamchatka inferred from subfossil chironomid record. *Quaternary Science Reviews*. 2013b. P. 81–92.

Self A. E., Brooks S. J., Birks H. J. B., Nazarova L., Porinchu D., Odland A., Yang H., Jones V. J. The

distribution and abundance of chironomids in high-latitude Eurasian lakes with respect to temperature and continentality: development and application of new chironomid-based climate-inference models in northern Russia. *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. P. 1122–1141.

Subetto D., Andronikov A., Lauretta D., Drosenko D., Syrykh L. Variation of trace element concentrations in a lake sediment sequence in the Al-YD transition zone (NW Russia). *Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly*. 2014. Vol. 16. 576 p.

Sundqvist H. S., Kaufman D. S., McKay N. P. et al. Arctic Holocene proxy climate database – new approaches to assessing geochronological accuracy and

encoding climate variables. *Clim. Part. 10*. P. 605–1631. DOI: 10.5194/cp-10-1605-2014, 2014. IF 3.482

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. Paleoecological research on the Karelian Isthmus, northwestern Russia (evidence from chironomid analysis lake Medvedevskoe). 19th International Symposium on Chironomidae. 2014a. 85 p.

Syrykh L., Nazarova L., Subetto D. et al. Multy-proxy reconstruction of climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia. *Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly*, 2014b. Vol. 16. 576 p.

Received December 26, 2014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сырых Людмила Сергеевна

младший научный сотрудник
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена
наб. Мойки, 48, Санкт-Петербург, Россия, 191186
эл. почта: lyudmilalsd@gmail.com
тел.: +79818131507

Назарова Лариса Борисовна

к. б. н.
Потсдамский университет,
Институт Земли и экологических наук
Карл-Либкнехтштрассе 24-25, Потсдам-Гольм,
Германия, 14476
тел. +49 331 2882194
Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, 18, Казань, Россия, 420000

Субетто Дмитрий Анатольевич

директор, д. г. н., проф.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена
наб. Мойки, 48, Санкт-Петербург, Россия, 191186
эл. почта: subetto@mail.ru
тел.: (8142) 578464

CONTRIBUTORS:

Syrykh, Liudmila

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
Herzen State Pedagogical University of Russia
48 Moika, 191186 St. Petersburg, Russia
e-mail: lyudmilalsd@gmail.com
tel.: +79818131507

Nazarova, Larisa

University of Potsdam
Institute of Earth and Environmental Sciences
24-25 Karl-Libknechtstrasse, 14476 Potsdam-Golm, Germany
tel.: +49 331 2882194
Kazan (Volga region) Federal University
18, Kremlevskaya, 420000 Kazan, Russia

Subetto, Dmitry

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
Herzen State Pedagogical University of Russia
48 Moika, 191186 St. Petersburg, Russia
e-mail: subetto@mail.ru
tel.: (8142) 578464

УДК 551.89:551.794

ДИНАМИКА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И РАЗВИТИЯ ОЗЕР В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (РАЙОН ПОС. УМБА)

Т. В. Сапелко¹, В. В. Колька², В. Я. Евзеров²

¹ Институт озероведения РАН

² Геологический институт Кольского научного центра РАН

Представлены новые результаты палинологического анализа одного из озер в бассейне реки Умбы (южная часть Кольского полуострова), изучаемого в рамках исследования донных отложений озер с целью определения относительного перемещения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене. Помимо палинологических результатов представлены данные литологического и радиоуглеродного анализов. Проведено сопоставление полученных результатов с данными по ранее изученным озерам микрорегиона у пос. Умба. Новое палеолимнологическое исследование позволило проследить динамику развития озер и в целом природной среды микрорегиона на южном берегу Кольского полуострова.

Ключевые слова: донные отложения, озера, палеолимнология, спорово-пыльцевой анализ, литология, поздний плейстоцен-голоцен, Кольский полуостров.

T. V. Sapelko, V. V. Kolka, V. Ya. Yevzerov. PALEOENVIRONMENTAL CHANGES AND THE DEVELOPMENT OF LAKES IN THE LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE ON THE KOLA PENINSULA SOUTHERN COAST (NEAR THE VILLAGE OF UMBA)

New results of pollen analysis for a lake in the Uмба River catchment (southern Kola Peninsula) are presented. The lake was surveyed within a study of lake sediments carried out to determine the relative White Sea shore displacements in the Late Glacial and Holocene. In addition to palynological results, data of lithological and radiocarbon analyses are provided. The results obtained in this study were compared with data on previously studied lakes near the village of Uмба. The new paleolimnological data helped to trace the dynamics of the lakes and the palaeo-environment of the micro-region on the southern coast of the Kola Peninsula.

Keywords: lake sediments, lakes, paleolimnology, pollen analysis, lithology, Late Pleistocene-Holocene, Kola Peninsula.

Введение

Изучение голоценовых отложений на Кольском полуострове началось в 1930-е годы [Порецкий и др., 1934]. Однако до настоящего

времени существует ограниченное количество детально датированных палинологических данных по этой территории. Для южной и юго-восточной части Кольского полуострова это, например, разрезы из озер Бабозеро и Круглое

[Kremenetski, Patyk-Kara, 1997], разрез Канозера [Сапелко и др. 2009]. Следует отметить, что все эти разрезы расположены выше верхней морской границы, на территориях, где развивалась преимущественно ареальная дегляциация поздневалдайского ледника. При ареальной дегляциации многие котловины длительное время блокировались льдом, и седиментация позднеледниковых и раннеголоценовых осадков в них могла не происходить, что приводило к редуцированию частей разрезов. Примером такой редукации является озеро Круглое [Kremenetski, Patyk-Kara, 1997]. В настоящей статье представлены результаты палинологического изучения колонки донных отложений одного из озер в бассейне реки Умбы в южной части Кольского полуострова, которое исследовалось с целью определения относительного перемещения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене [Колька и др., 2013].

Материалы и методы

Палеолимнологическое исследование озер осуществлялось на южном побережье Кольского полуострова (рис. 1), в районе пос. Умба, на участке размером 25 x 25 км, расположенном восточнее краевых ледниковых гряд пояса II. Проведено изучение донных отложений девяти озер с отметками уровня воды в них от 12 до 72 м над уровнем моря. Озера расположены в пределах холмистой низменности и занимают

эродированные ледником депрессии в коренных породах [Балаганский и др., 1996]. Площади озер составляют 0,015–0,35 км², глубина от 1 до 7 м. Пороги стока озер представлены коренными породами или мореной, обычно перекрытыми слоем торфа мощностью до 1,7 м. Отбор колонок донных отложений озер проводился с помощью отечественного поршневого бура. Керны отбирались с перекрытием для установления последовательной седиментации. Для донных отложений исследуемых озер выполнены литологический, диатомовый, радиоуглеродный анализы. Для детального палинологического изучения выбран наиболее мощный разрез донных отложений озера 4 (рис. 2, а).

Озеро 4 (66°42'52" с. ш., 34°13'20" в. д.) – малое озеро с отметкой зеркала воды 31,9 м. Питание озера происходит в основном за счет болотных вод, дренаж из озера – через ручей, вытекающий в северо-западном направлении. Ручей имеет мощные торфяные берега. Порог стока из озера устанавливался при замерах мощности торфа до коренного дна ручья и составил 30 м н. у. м. Площадь озера 0,025 км², глубина 7,5 м. Расположено у северо-западного подножья вершины Сырынгозера с отметкой 75,1 м н. у. м. На склонах вершины отмечены крупнообломочные ледниковые образования. С юга, запада и севера озеро заболочено.

Для колонки донных отложений озера 4 выполнен подробный литологический,

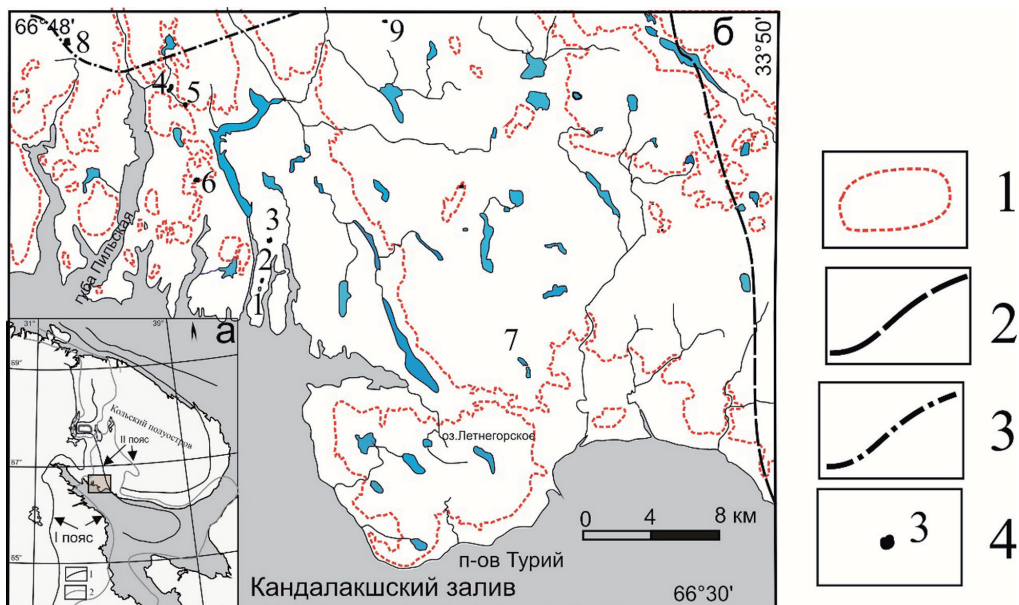


Рис. 1. Схема расположения района исследований Умба относительно поясов краевых образований (а) по [Система..., 2010] и положение исследованных озер (б) по [Колька и др., 2013]:

(а) установленное и предполагаемое положение активного льда во время: 1 – межстадиальных потеплений, 2 – стадийных похолоданий; (б): 1 – изогипса 40 м н. у. м., 2 – краевая гряда образований II пояса, 3 – краевая гряда образований I пояса, 4 – положение изученных озер

а также радиоуглеродный анализ. Радиоуглеродный анализ выполнен в лаборатории Флориды, США (Beta Analytic). Выборочно из переходного горизонта выполнен диатомовый анализ [Колька и др., 2013] и колонка донных отложений мощностью 5 м изучена с помощью палинологического анализа (каждые 2–5 см). Техническая обработка образцов для спорово-пыльцевого анализа проводилась по усовершенствованной стандартной методике [Гричук, 1940] с применением тяжелой жидкости ($CdI_2 + KI$). Для определения зерен пыльцы и спор использовались определители [Куприянова, Алешина, 1972; Moore et al., 1991; Reille, 1999]. При интерпретации растительности использованы монографии и атласы современной растительности [Флора..., 1966, 2004]. Спорово-пыльцевая диаграмма построена с помощью программ Tilia, Tilia Graph и TGView (<http://www.museum.state.il.us/pub/grimm/>). Подсчет процентных соотношений проводился от общей суммы пыльцы и спор.

Результаты по озерам 5 и 6 (рис. 2, б, в) используются для хронологической привязки палинологических и диатомовых характеристик колонки донных отложений одного типа озер (по фациальному анализу – озер первой группы).

Результаты

Литолого-стратиграфическая характеристика разрезов донных осадков района Умба

На основе литологического, диатомового и радиоуглеродного методов [Колька и др., 2013] установлено, что стратифицированная толща донных отложений из озерных котловин, являющихся изолированными бассейнами, формировалась в позднеледниковье-голоцене в условиях приледникового пресноводного озера (фация I), морского водоема (фация III), позже – в пресноводном континентальном озере (фация V). При осолонении приледникового озера из-за притока морской воды накапливались осадки транзитной фации II, а при изоляции котловины от морского бассейна – осадки транзитной фации IV.

В районе Умба изученные озера по характеру последовательностей донных осадков можно поделить на три группы. Разрезы с трансгрессивно-регрессивной последовательностью осадков, разрезы только с регрессивной последовательностью и разрезы со значительными литологическими несогласиями.

К первой группе относятся разрез с полным набором фаций I-II-III-IV-V, который

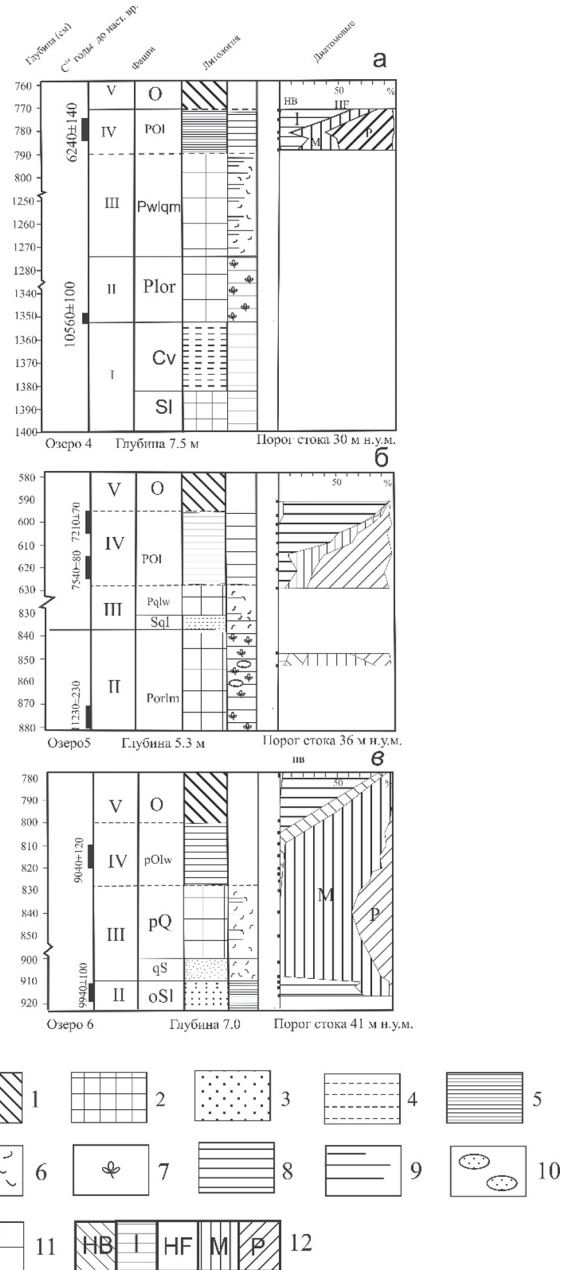


Рис. 2. Характеристика донных осадков озер 4, 5 и 6 по [Колька и др., 2013]:

1 – гиттия (буквенный индекс O); 2 – алеурит (P); 3 – песок (S); 4 – глина (C, v ленточная глина); 5 – переслаивание гиттия-алеурит; 6 – обломки раковин (q); 7 – органический материал (or); 8 – слоистость (I); 9 – неясная слоистость (lw); 10 – пятнистость (m); 11 – литологические границы: a – градационные, b – резкие; 12 – диатомовая флора: Hb – галлофобы, I – индифферентны, HF – галлофилы, M – мезогаллобы, P – полигаллобы

присутствует в котловине озера 4 (с отметкой порога стока в 30 м н. у. м.) (см. рис. 1, б), а также разрезы в озерах 5 и 6 (с отметками 36 и 41 м н. у. м. соответственно) (см. рис. 1, б), где в осадочных последовательностях отсутствует фация I. Ко второй группе относятся озера 1, 2, 3 (с отметками порогов 12, 18,5 и 27 м

н. у. м. соответственно) (см. рис. 1, б), где в осадках отмечаются только регрессивные наборы фаций III-IV-V.

Фациальный анализ донных осадков озер 7, 8 и 9, находящихся на наиболее высоких абсолютных отметках (55, 60 и 72 м н. у. м. соответственно) (см. рис. 1, б), показал значительные литологические несогласия, связанные с длительным таянием мертвого льда в котловинах.

Наиболее мощным разрезом является колонка донных отложений озера 4. Литологический разрез озера 4 представлен (снизу вверх) (рис. 2, а):

1447–1352 см – в нижней части слоистый алеврит крупнозернистый голубовато-серого цвета, в верхней части – глина ленточная со слабо выраженной алевритовой частью;

1352–1275 см – интервал начинается с прослоя среднезернистого песка мощностью 2 см, залегающего с размывом на ленточной глине, в котором отмечена волнистая слоистость. Выше наблюдается переслаивание алеврита различной крупности с органическим материалом. Мощность прослоев органики достигает до 0,5 см, алеврита – до 1,0 см; процентное соотношение алеврита и органики в этом интервале достигает значений 55:45 %. Вверх по разрезу количество органики уменьшается, на верхней границе интервала вместе с органическим материалом встречены обломки раковин;

1275–790 см – алевриты темно-зеленого цвета с неотчетливо слоистыми «конкрециями» алевритового и тонкопесчаного материала, овальной формы, имеющими темно-зеленую сердцевину и более светлую окантовку. Конкреции по длинной оси достигают в длину ~20 мм, ориентированы параллельно слоистости. В интервале также отмечены многочисленные обломки раковин. Встречаются отдельные «дропстоны»;

790–769 см – тонкое переслаивание темно-коричневой гиттии и зеленоватого алеврита. Мощность слоев составляет 1–3 мм. Переход от нижележащего слоя градационный за счет постепенного утонения слоев алеврита. Вверх по разрезу количество органического материала возрастает. Осадки переходной зоны постепенно сменяются озерными пресноводными осадками;

769–750 см – гиттия темно-коричневого цвета до черного, неслоистая.

В этом разрезе отмечаются две переходные зоны – трансгрессивная, с осадками фации II, и регрессивная, с осадками фации IV. Флювиогляциальные и лимногляциальные осадки в нижней части разреза (интервал

1447–1352 см) указывают на существование здесь в позднеледниковье перигляциального озерного бассейна, занимавшего, вероятно, депрессию современной губы Пильской и котловины близлежащих озер (см. рис. 1, б). Алевритовые осадки фации I формировались за счет обломочного материала, который поставлялся в бассейн водно-ледниковой магистралью, функционировавшей в краевой части деградирующего ледника в позднеледниковое время. После отступления фронта активного ледника к северу в более спокойной гидродинамической обстановке отлагались ленточные глины той же фации. Позже, когда гидродинамические условия вновь стали более активными, глины размывались, и на них с размывом был отложен базальный слой фации II – прослой песка (интервал 1352–1350 см). Продолжительность стратиграфического несогласия (размыва глины), седиментации песка и выше лежащего алеврита, переслаивающегося с органикой, определить не представляется возможным. Однако большая мощность интервала указывает на то, что формирование осадков этой фации длилось довольно долго.

Если сопоставить данные датирования осадков фации II из нижней ее части озера 5 и верхней части фации II озера 6 (см. рис. 2, б, в), этот период мог составить более 1000 лет. Органический материал, который встречается в осадках фации II, возможно, представлен водорослями или остатками растений, снесенными нагонными течениями, высокими приливами и т. п. с окрестных возвышенностей. Согласно данным диатомового анализа, который проведен для осадков фации II в донных осадках озер 5 и 6, седиментация происходила в осоланивающемся бассейне (см. рис. 2, б, в). Датировка нижнего интервала осадков фации II в озере 4 составила $10\ 560 \pm 100$ ^{14}C лет ($12\ 460 \pm 198$ календарных лет назад). Однако нельзя утверждать, что эта датировка отражает время начала смены пресноводной перигляциальной обстановки осадконакопления морской обстановкой. Вероятно, что такая смена началась раньше, но в связи со стратиграфическим несогласием, вызванным значительным размывом осадков, датирование ее начала невозможно. На более раннее время начала формирования переходных осадков фации II указывают более древние датировки $11\ 230 \pm 230$ ^{14}C лет ($13\ 145 \pm 241$ кал. л. н.), полученные в озере 5, расположенном на более высоких отметках (см. рис. 2, б).

Переход к морским отложениям в разрезе озера 4 отчетливый, с выраженным интервалом битой ракуши, что свидетельствует

о стратиграфическом несогласии. Накопление морских осадков, судя по их мощности, продолжалось в течение длительного времени.

Осадки верхней регрессивной переходной зоны в разрезе достигают мощности 21 см. Согласно диаграмме диатомовых водорослей (см. рис. 2, а), осадки фации IV начали формироваться в солоноватой обстановке, затем произошло еще большее осолонение бассейна, и только потом началось постепенное его опреснение, связанное с регрессией моря. Береговая линия моря в это время находилась в состоянии равновесия на уровне, близком к порогу стока. Датировка, полученная из осадков переходной зоны, составила 6240 ± 140 ¹⁴C лет (7129 ± 163 кал. л. н.) и соответствует началу изоляционного интервала, а также положению уровня моря в это время.

Палинологический анализ

По результатам спорово-пыльцевого анализа колонки донных отложений озера 4 выделено 6 палинозон (рис. 3). В спектрах по всему разрезу доминирует пыльца древесных пород. Ведущая роль принадлежит пыльце сосны и березы. Среди пыльцы трав в основном преобладает пыльца злаков, осоковых и сложноцветных. Процентное содержание других трав невысоко. Среди спор доминируют *Polypodiaceae*, *Lycopodiaceae*. Также постоянно встречается *Bryales*.

Зона 1 (гл. 1270–1317 см) выделена в слоистых алевритах различной крупности с органическим материалом. Преобладает пыльца древесных пород, однако ее процентное содержание самое низкое по разрезу (70,6 %). Доминирует пыльца сосны и березы. Периодически встречается ель, не превышая 1,6 %, изредка отмечается пыльца *Betula nana*, *Corylus*. Количество пыльцы трав незначительно (1,2–7,6 %). Преобладают *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*. Постоянно встречается *Ericaceae*. Содержание спор максимальное по разрезу и достигает здесь 26 %. Среди спор отмечены *Polypodiaceae*, *Lycopodiaceae*, *Bryales* и др. В небольших количествах встречаются водоросли *Pediastrum* и *Botryococcus*.

Зона 2 (гл. 1175–1270 см) соответствует началу накопления неотчетливо-слоистого темно-зеленого алеврита с «конкрециями». Доминирует пыльца древесных пород и достигает здесь своего максимума по разрезу (90,4 %). Своего максимального процентного содержания в этой зоне достигает и пыльца сосны (44–69 %). Количество пыльцы березы снижается. Также периодически встречается пыльца ели. Отмечаются единичные зерна *Alnus incasa*. Особенностью

этой зоны является практически непрерывная кривая пыльцы можжевельника. Содержание в общем составе пыльцы травянистых пород, как и в предыдущей зоне, незначительно. Доминанты среди трав сохраняются, увеличивается видовое разнообразие. Возрастает содержание пыльцы водных и прибрежно-водных растений, среди которых появляется *Typha*. Процент спор в этой зоне снижается до своего минимального значения 5,7 %. Доминанты те же, возрастает значение *Selaginella selaginoides*. Отмечены водоросли *Pediastrum* и *Botryococcus*.

Зона 3 (гл. 1080–1175 см) соответствует средней части интервала неотчетливо-слоистого темно-зеленого алеврита с «конкрециями». Количество пыльцы древесных немного снижается (до 70 %) за счет увеличения содержания спор (до 25 %). Немного уменьшается процент сосны и увеличивается количество березы. Растет присутствие пыльцы карликовой березки. В небольших количествах постоянно встречается пыльца ели и лещины. Фрагментарно отмечаются *Alnus*, *Juniperus*, *Salix*. Среди трав преобладает пыльца злаков, осоковых, полыни, маревых. Постоянно отмечаются *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Polygonaceae*. Пыльца водных и прибрежно-водных растений отмечается лишь в самом начале зоны. Значение спор вновь возрастает. Среди них здесь абсолютно доминирует *Polypodiaceae*. Постоянно встречаются *Bryales*, *Lycopodiaceae*, *Sphagnum*, *Selaginella selaginoides*. Отмечены водоросли *Botryococcus*.

Зона 4 (гл. 940–1080 см) также выделена в неотчетливо-слоистом темно-зеленом алеврите с «конкрециями». Общее содержание древесных пород снова растёт (76–84 %). Вновь увеличивается количество пыльцы сосны, а березы – уменьшается. Совсем исчезает пыльца ели. Кривые содержания пыльцы ольхи, лещины становятся непрерывными. Впервые появляется пыльца широколиственных пород. Отмечена пыльца *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus betulus*. Среди трав преобладает пыльца осоковых. Постоянно отмечается, но сокращается количество пыльцы *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*. Отмечается пыльца макрофитов. Увеличивается разнообразие спор. Впервые появляется *Isoetes*. Отмечены водоросли *Botryococcus*.

Зона 5 (гл. 800–940 см) соответствует верхам интервала неотчетливо-слоистого темно-зеленого алеврита с «конкрециями». Содержание пыльцы древесных пород составляет 80–87 %. Количество пыльцы травянистых растёт и достигает здесь своего максимума – 9,5 %. Среди древесных пород доминирует пыльца сосны. Значительно содержание пыльцы березы. Вновь появляется и образует непрерывную

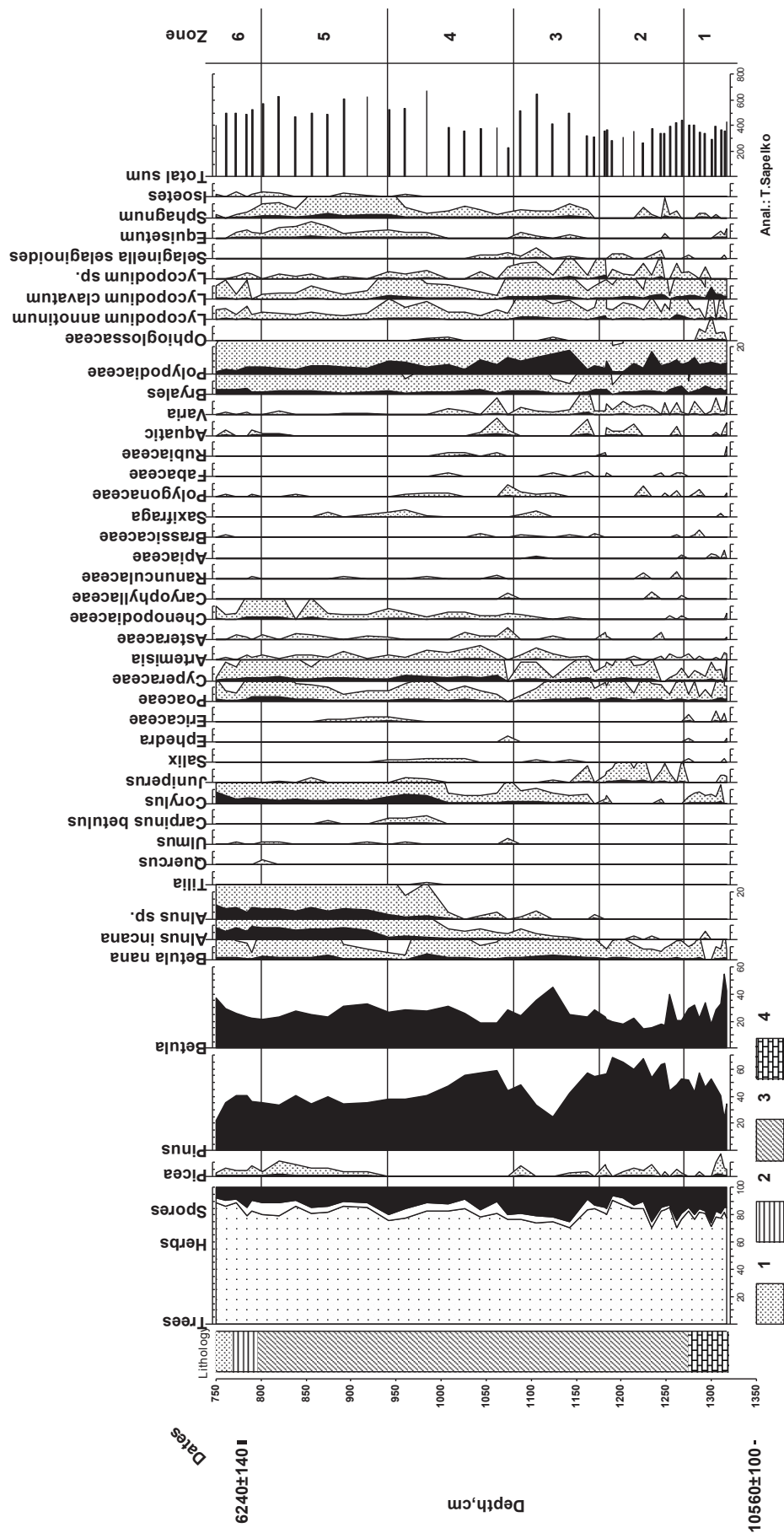


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений озера 4:

1 – темно-коричневая гиттия; 2 – зеленоватый слоистый алевролит; 3 – темно-зеленый алевролит; 4 – слоистый алевролит с обломками раковин

кривую пыльца ели. Увеличивается процент пыльцы *Alnus*, *Corylus*, *Betula nana*. Изредка отмечается пыльца широколиственных пород. Среди трав доминирует пыльца осоковых, злаков, маревых, полыни. Значительно участие *Asteraceae*, *Saxifraga*. Среди спор преобладает *Polypodiaceae*, увеличивается значение *Sphagnum*. Постоянно отмечается *Isoetes*. Отмечены водоросли *Botryococcus*.

Зона 6 (гл. 750–800 см) в нижней части (800–790 см) соответствует верхам интервала неотчетливо-слоистого темно-зеленого алеврита с «конкрециями», в средней части (790–769) – тонкому переслаиванию темно-коричневой гиттии и зеленоватого алеврита, а в верхней части (769–750 см) – гиттии темно-коричневого до черного цвета. Процент пыльцы древесных пород в общем составе возрастает до 89 %. Количество пыльцы трав снижается и составляет 2,4–7,8 %. Уменьшение происходит постепенно от начала зоны к концу. Среди древесных пород доминирует пыльца сосны и березы примерно в одинаковых количествах. Процент содержания пыльцы ольхи достигает своего максимального значения. Пыльца ели отмечается в незначительных количествах. Сокращается значение пыльцы широколиственных пород. Однако отмечается рост пыльцы лещины. Среди трав доминирует пыльца злаков, осоковых, маревых. Увеличивается видовое разнообразие. Отмечена пыльца водных и прибрежно-водных растений. Среди спор все так же преобладает *Polypodiaceae*, немного увеличивается процентное содержание *Bryales*. Количество *Sphagnum* снижается. Также постоянно отмечается *Isoetes*.

Обсуждение результатов

В начале формирования изученной с помощью спорово-пыльцевого анализа толщи донных отложений озера 4 (**зона 1**) в районе исследований были распространены открытые пространства, представленные тундровыми кустарничково-ерниковыми зеленомошными сообществами с присутствием осоковых, злаков, эфедры, *Filipendula*, *Polypodiaceae*, *Lycopodiaceae*, *Selaginella selaginoides*. Также большие площади занимали березовые редколесья с участием сосны. На рассматриваемой территории в это время существовала лесотундровая зона. Климат был довольно прохладный, холоднее современного. Зону с достаточной степенью уверенности можно отнести к пребореальному периоду.

Учитывая полученную радиоуглеродную датировку $10\,560 \pm 100$ л. н. ($12\,460 \pm 198$ кал.

л. н.) для подстилающего слоя с глубины 13,48–13,53 м, а также датировку из верхней части фации II разреза донных осадков озера 6 (см. рис. 2, в) 9940 ± 100 ¹⁴С л. н. ($11\,464 \pm 172$ кал. л. н.), можно говорить о подтверждении этими датами наших выводов о возрасте отложений, сформировавшихся в рассматриваемый период.

Для этого периода в районе озер Круглое и Бабозеро, расположенных восточнее, также реконструирована лесотундровая растительность [Kremenetski, Patyk-Kara, 1997] с широким распространением кустарниковой и карликовой березы.

Во время формирования отложений следующей зоны (**зона 2**) получили распространение сосновые леса, сокращается распространение березовых. Уменьшаются площади открытых ландшафтов. Тип растительности сменился на северотаежный. Климат становится теплее и суше. В этот период в юго-восточной и центральной части Кольского полуострова произошел спуск большей части мелких озер, расположенных на высоких абсолютных отметках, и снижение уровней более крупных озер, таких как Канозеро [Сапелко и др., 2009], Умбозеро, Ловозеро, Имандра [Олюнина и др., 2008]. Особенностью изучаемого озера было то, что оно в это время еще было частью моря.

Следующий этап (**зона 3**) связан с усилением роли березы в растительном покрове. Берега морского залива, в пределах которого располагалась депрессия исследуемого озера, вероятно, начали немного заболачиваться. Согласно данным датирования переходной зоны (фация IV) из озера 6 (см. рис. 2, в), которая составила 9040 ± 120 ($10\,158 \pm 191$ кал. л. н.), на границе пребореала и бореала в районе Умбы уже развивалась отчетливая неравномерная регрессия. Регрессия включала в себя фазы фиксированного положения уровня моря или даже периоды незначительного его подъема [Колька и др., 2013]. На это указывает распространение водной растительности. Немного возрастает участие ольхи в составе лесов, однако роль ее еще невелика. Судя по преобладанию в травянистом покрове ксерофитов, климат становится суше. В целом растительность еще соответствует зоне северотаежных лесов.

Дальнейшее формирование толщи донных отложений (**зона 4**) связано с существенным изменением растительного покрова. При широком распространении сосновых лесов с постоянными включениями березы появляются широколиственные породы. Из состава лесов исчезает ель, которая до этого встречалась в небольших количествах эпизодически. Ольха

стала играть более существенную роль в растительном покрове. В это время происходит явное снижение водоема, и к концу рассматриваемого периода озеро, вероятно, начинает обособляться от моря, о чем можно судить по появлению полушника озерного. Возможно, это были сезонные процессы, когда озерная экосистема уже начала формироваться, но связь с морем при сезонном увеличении осадков еще существовала. Периодичность этих процессов была короткой, поэтому нет очевидного подтверждения в литологических границах для рассматриваемого периода. Климат становится теплее. Зона постепенно приобретает среднетаежный облик.

Формирование отложений следующей зоны (**зона 5**) происходит в самых благоприятных условиях развития растительности за весь рассматриваемый период. В составе доминирующих сосновых лесов помимо березы снова появляется ель. Количество примеси широколиственных пород увеличивается до своего максимального развития. Участие ольхи становится довольно значительным. Климат становится влажным и теплым. По данным хирономидного анализа донных отложений озера Беркут для южной части Кольского полуострова 10 100–9200 календарных лет назад реконструированы самые теплые летние температуры – 12,3–12,5 °C [Ilyashuk et al., 2005]. Однако при сохранении состава лесов к концу периода резко увеличивается распространение открытых ландшафтов, среди которых присутствуют и тундровые сообщества. Учитывая данное обстоятельство, можно предположить наступление небольшого похолодания к концу зоны. Активное заселение водоема полушником озерным свидетельствует об отделении озерной депрессии от моря. Однако, судя по результатам диатомового анализа [Колька и др., 2013], по которым морские диатомовые водоросли отмечены и в следующем периоде (**зона 6**), некоторая периодическая связь отделившегося озера с морем продолжалась еще довольно длительный период. Растительность в это время сохраняет среднетаежный облик.

Последний рассматриваемый этап (**зона 6**) ознаменовался изменением состава лесов. Увеличивается значение березы и получают распространение как сосновые, так и березовые леса. Примесь ели и широколиственных пород становится менее значительной. Ольха продолжает свое активное расселение по берегам водоема. Продолжается зарастание водоема водными и прибрежно-водными растениями, которое началось в конце предыдущей зоны. Продолжает произрастать полушник

озерный. Климат становится прохладным и влажным. Характер растительного покрова указывает на переходные условия от среднетаежной к северотаежной зоне. Радиоуглеродная датировка, полученная для этого периода, 6240 ± 140 лет назад ($7\ 129 \pm 163$ кал. л. н.) позволяет отнести последнюю выделенную зону к атлантическому периоду, однако судя по палинологическим данным, мы здесь можем говорить о конце атлантического периода и начале суббореального.

В результате проведенных исследований мы проследили динамику природных зон в голоцене от лесотундровой зоны до северотаежной, далее среднетаежной, которая вновь сменяется северотаежной. Установлено, что образование озера 4 произошло постепенно в течение атлантического периода в результате отделения его от моря. Сопоставление результатов истории развития трех близко расположенных изученных озер позволило провести реконструкцию природной среды микрорегиона у пос. Умба на южном берегу Кольского полуострова.

Исследования выполнены при частичной поддержке грантов РФФИ № 11–05–00791-а и РФФИ 13–05–01039-а.

Литература

- Балаганский В. В., Басалаев А. А., Беляев О. А. и др. Геологическая карта Кольского региона (северо-восточная часть Балтийского щита) масштаба 1:500000 / Гл. ред. Ф. П. Митрофанов. Апатиты, 1996.
- Гричук В. П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Вып. 8. С. 53–58.
- Колька В. В., Евзеров В. Я., Меллер Я. Й., Корнер Д. Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене-голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 1. С. 73–88.
- Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры Европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. 171 с.
- Новичкова Е. А. Постледниковая история развития Белого моря по результатам изучения водных и наземных палиноморф: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2008. 24 с.
- Олюнина О. С., Полякова Е. Ю., Романенко Ф. А. Диатомовые ассоциации голоценовых отложений Кольского полуострова // Доклады Академии наук. 2008. Т. 423, № 3, 2008. С. 370–374.
- Порецкий В. С., Жузе А. П., Шешукова В. С. Диатомовые Кольского полуострова в связи с микроскопическим составом кольских диатомитов // Труды Геоморфологического института. Серия: физическая география. 1934. Вып. 8. С. 95–210.

Сапелко Т. В., Лудикова А. В., Шумкин В. Я. и др. Изменение природных обстановок южной части Кольского полуострова в поздне-последледниковье // Фундаментальные проблемы кватера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: материалы IV Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. 2009. С. 534–537.

Система Белого моря. Природная среда водосбора Белого моря / Отв. ред. академик А. П. Лисицын. М.: Научный мир, 2010. Т. 1. 480 с.

Флора Восточной Европы / Под. ред. Н. Н. Цвелева. М.; СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. Т. XI. 536 с.

Флора Мурманской области. М.; Л.: АН СССР, 1966. Вып. 5. 549 с.

Ilyashuk E., Ilyashuk B., Hammarlund D., Larocque I. Holocene climatic and environmental changes inferred from midgererecords (Diptera: Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae) at Lake Berkut, southern Kola Peninsula, Russia // *The Holocene* 15, 6. 2005. P. 897–914.

Kremenetski C. V., Patyk-Kara N. G. Holocene vegetation dynamics of the southeast Kola Peninsula, Russia. *The Holocene* 1997. Vol. 7 (4). P. 473–479.

Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E. Pollen analysis, 2nd edition, 1–216. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991.

Reille Maurice Pollen et spores D'Europe et D'Afrique du nord. France, Marcelle, 1999. 520 p.

Поступила в редакцию 27.01.2015

References

Balaganskii V. V., Basalaev A. A., Belyaev O. A., Pozhilenko et al. Geologicheskaya karta Kol'skogo regiona (severo-vostochnaya chast' Baltiiskogo shchita) masshtaba 1:500000 [Geological map of the Kola region (northeastern Baltic shield) on a scale of 1:500000]. Ed. F. P. Mitrofanov. Apatity, 1996.

Flora Vostochnoi Evropy [Flora of the Eastern Europe]. Ed. H. H. Tsveleva. Moscow; St. Petersburg: KMK, 2004. Vol. XI. 536 p.

Flora Murmanskoi oblasti [Flora of the Murmansk region]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1966. Iss. 5. 549 p.

Grichuk V. P. Metodika obrabotki osadochnykh porod, bednykh organicheskimi ostatkami, dlya tselei pyl'tsevoego analiza [Method of treatment of the sediments poor in organic remains for the pollen analysis]. *Problemy fizicheskoi geografii [Problems of physical geography]*. 1940. Iss. 8. P. 53–58.

Kol'ka V. V., Evzerov V. Ya., Meller Ya. I., Korner D. D. Peremeshchenie urovnya morya v pozdnem pleistotsene-golotsene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozer na yuzhnom beregu Kol'skogo poluostrova, v raione poselka Umba [Shifts in sea level in late Pleistocene-Holocene and stratigraphy of bottom sediments from the isolated lakes on the southern shore of the Kola peninsula, Umba village]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya [Proceedings of RAS. Geographical series]*. 2013. No 1. P. 73–88.

Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pyl'tsa i spory rastenii flory Evropeiskoi chasti SSSR [Pollen and spores of plants from the flora of European part of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1972. 171 p.

Novichkova E. A. Postlednikovaya istoriya razvitiya Belogo morya po rezul'tatam izucheniya vodnykh i nazemnykh palinomorf [Postglacial history of the White Sea development based on the results of aquatic and terrestrial palynomorphes studies]: avtoref. dis. kand. geol.-min. nauk [PhD Diss. (geol.-min.)]. Moscow, 2008. 24 p.

Olyunina O. S., Polyakova E., Yu., Romanenko F. A. Diatomovye assotsiatsii golotsenovykh otlozhenii Kol'skogo poluostrova [Diatom assemblages from Holocene sediments of the Kola Peninsula]. *Doklady*

Akademii nauk [Proceedings of RAS]. 2008. Vol. 423, No 3. P. 370–374.

Poretskii V. S., Zhuze A. P., Sheshukova V. S. Diatomovye Kol'skogo poluostrova v svyazi s mikroskopicheskim sostavom kol'skikh diatomitov [Diatoms of the Kola Peninsula in connection with microscopic structure of the Kola diatomites]. *Trudy Geomorfologicheskogo instituta. Seriya: fizicheskaya geografiya [Proceedings of Geomorphological institute. Physical geography series]*. 1934. Iss. 8. P. 95–210.

Sapelko T. V., Ludikova A. V., Shumkin V. Ya., Kuznetsov D. D., Subetto D. A. Izmenenie prirodnykh obstanovok yuzhnoi chasti Kol'skogo poluostrova v pozдне-poslelednikov'e [Changes in the natural conditions of the southern Kola Peninsula in late postglacial]. *Fundamental'nye problemy kvatera: itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neishikh issledovaniy: materialy IV Vserossiiskogo soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda [Fundamental problems of Quaternary, results and main trends of further studies: proceedings of IV All-Russian conference on Quaternary research]*. 2009. P. 534–537.

Система Белого моря. Природная среда водосбора Белого моря [The system of the White Sea. Natural environment of the White Sea catchment area]. Ed. acad. A. P. Lisitsyn. Moscow: Nauchnyi mir, 2010. Vol. 1. 480 p.

Ilyashuk E., Ilyashuk B., Hammarlund D., Larocque I. Holocene climatic and environmental changes inferred from midgererecords (Diptera: Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae) at Lake Berkut, southern Kola Peninsula, Russia. *The Holocene* 15, 6. 2005. P. 897–914.

Kremenetski C. V., Patyk-Kara N. G. Holocene vegetation dynamics of the southeast Kola Peninsula, Russia. *The Holocene*. 1997. Vol. 7 (4). P. 473–479

Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E. Pollen analysis, 2nd edition, 1–216. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991.

Reille Maurice Pollen et spores D'Europe et D'Afrique du nord. France, Marcelle, 1999. 520 p.

Received January 27, 2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сапелко Татьяна Валентиновна

старший научный сотрудник, к. г. н.
Институт озероведения РАН
ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105
эл. почта: tsapelko@mail.ru
тел.: +79213710603

Колька Василий Васильевич

старший научный сотрудник, зав. лабораторией, к. г.-м. н.
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: kolka@geoksc.apatity.ru

Евзеров Владимир Яковлевич

ведущий научный сотрудник, д. г.-м. н.
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: yevzerov@geoksc.apatity.ru

CONTRIBUTORS:

Sapelko, Tatiana

Institute of limnology, Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanov St., 196105 St. Petersburg, Russia
e-mail: tsapelko@mail.ru
tel.: +79213710603

Kolka, Vasily

Geological Institute, Kola Science Centre,
Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: kolka@geoksc.apatity.ru

Yevzerov, Vladimir

Geological Institute, Kola Science Centre,
Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: yevzerov@geoksc.apatity.ru

УДК 551.89:551.794

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В МАЛЫХ ОЗЕРНЫХ КОТЛОВИНАХ ПОМОРСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ

В. В. Колька¹, О. П. Корсакова¹, Н. Б. Лаврова²

¹ Геологический институт Кольского научного центра РАН

² Институт геологии Карельского научного центра РАН

В статье представлены новые литологические, палинологические и хронологические данные, полученные в результате изучения донных осадков из четырех малых озерных котловин, находящихся на Поморском берегу Онежского залива Белого моря. Комплексное изучение донных осадков озер, расположенных на разных гипсометрических отметках северо-восточной части Сумозерской островной возвышенности и Прибеломорской низменности, позволило установить время и особенности их седиментации, выделить палеоклиматические этапы развития природной среды Карельского берега Белого моря в позднеледниковье и голоцене.

Ключевые слова: донные осадки, литология, спорово-пыльцевой анализ, позднеледниковье, голоцен, Поморский берег, Белое море.

V. V. Kolka, O. P. Korsakova, N. B. Lavrova. THE PALEOGEOGRAPHIC SETTINGS FOR BOTTOM SEDIMENT FORMATION IN SMALL LAKE DEPRESSIONS ON THE POMOR COAST OF THE WHITE SEA

New lithological, palinological and chronological data obtained through the study of bottom sediments from four small lake depressions on the Pomor Coast, Onega Bay, White Sea are presented. The integrated study of bottom sediments from lakes lying at different elevations in the northeastern part of the Sumozersky moraine complex and the White Sea lowland allowed to establish the time and features of their deposition, to distinguish the palaeoclimatic stages in the development of the environment on the Karelian Coast of the White Sea during the Late Glacial and Holocene.

Keywords: bottom sediments, lithology, pollen analysis, Late Glacial, Holocene, Pomor Coast, White Sea.

Введение

Котловины многочисленных малых озер на побережье Белого моря, как правило, остаточного типа и относятся к изолированным бассейнам седиментации. В зависимости от своего гипсометрического положения они могли

быть неровностями дна более крупного водоема – пресноводного приледникового в ходе дегляциации на заключительных стадиях позднего плейстоцена или морского в течение голоцена. Кроме того, на Поморском берегу Белого моря помимо озер изолированных бассейнов представлены малые озера в котловинах

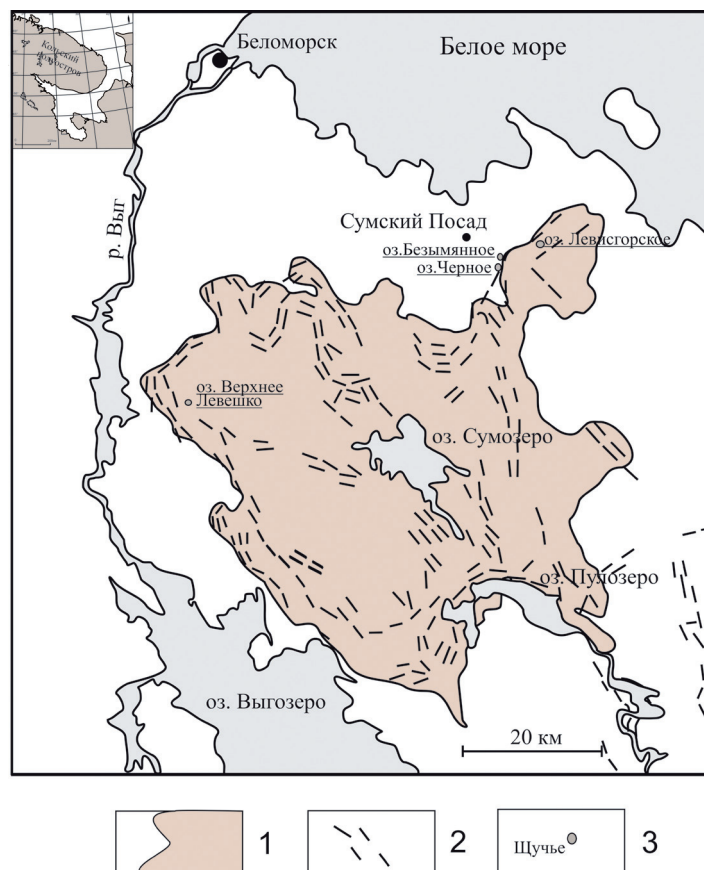


Рис. 1. Положение района исследований.

1 – Сумозерская межлопастная (островная) возвышенность; 2 – краевые образования (гряды, холмисто-грядовый рельеф, маргинальные склоны); 3 – изученные озера

ледникового или иного происхождения. Седиментационные последовательности из серии близко расположенных котловин малых озер определенного района являются в целом непрерывной летописью имевших здесь место палеогеографических событий. Осадконакопление в них осуществлялось в разных палеоэкологических условиях, связанных с характером дегляциации территории или акватории, меняющимся климатом, развитием биоты, перемещением береговой линии моря, тектоническими движениями земной коры разного генезиса, в том числе и гляциоизостатического. В отличие от крупных водных бассейнов, где в силу внутренних гидродинамических и других причин обычны значительные размывы и перераспределение осаждающегося материала на площади седиментации, в малых озерах седиментационная последовательность таким нарушениям почти не подвержена.

Целью проведенной работы было литологическое и биостратиграфическое изучение донных осадков озер, расположенных в разных условиях рельефа вблизи краевой ледниковой зоны в северной части Поморского берега Онежского залива Белого моря, выявление

этапов их накопления, определение особенностей седиментации, связанных с региональными и локальными факторами среды. Исследования проводились в рамках проекта по изучению относительного перемещения уровня Белого моря [Колька, Корсакова, 2012; Колька и др., 2012, 2013а, б и др.] и палеогеографических условий, характерных для Карельского и Поморского берегов Белого моря [Лаврова и др., 2009; Шелехова и др., 2013; Корсакова и др., 2014 и др.] в позднеледниковье и голоцене. Конкретными задачами исследования были: датирование донных осадков озер, расположенных в непосредственной близости от краевых ледниковых форм, радиоуглеродным (^{14}C) и биостратиграфическим (спорово-пыльцевым) методами (1); сравнение результатов палинологического изучения донных отложений малых озер, расположенных в разных геоморфологических условиях (на различных высотных ярусах Сумозерской межлопастной возвышенности и прилегающей низменности) (2); выявление общих черт и особенностей в составе палинологических комплексов в качестве корреляционных признаков для сопоставления спорово-пыльцевых данных (3). С этой точки

зрения побережье Онежского залива является пока малоизученным. Палинологические и литолого-стратиграфические исследования ранее проводились в низовьях р. Выг [Девятова, 1976; Шелехова, Лаврова, 2011], в южной части Прибеломорской низменности [Елина, 1981; Елина и др., 2000], на побережье в пределах Архангельской области [Кошечкин и др., 1977].

Район и объекты исследования

В статье рассматривается Прибеломорская низменность в пределах северной части Поморского берега и прилегающая к ней часть Сумозерской межлопастной (островной) ледниковой возвышенности, расположенной в зоне распространения краевых образований невской стадии [Ekman, Iljin, 1991] деградации поздневалдайского ледника (рис. 1).

Район исследования находится в пределах Беломорской и частично Карельской провинций Фенноскандинавского кристаллического щита и в структурно-тектоническом плане соотносится с Беломорским подвижным поясом – неоархейским коллизионным орогеном, переработанным палеопротерозойскими процессами рифтогенеза и орогении [Слабунов, 2008]. Новейшие тектонические структуры в целом наследуют здесь древние докембрийские структуры. В пределах изучаемого района граничат Беломорская и Восточно-Карельская новейшие структурные зоны. Беломорская структурная зона, обрамляющая беломорский грабен, в рельефе выражена в виде заболоченной приморской равнины, Восточно-Карельская – в виде кряжа Ветреный Пояс. В соответствии с этими главными структурами осуществляются в целом восходящие тектонические движения [Геология..., 1987]. На кристаллическом фундаменте, сложенном преимущественно архейскими гнейсами, амфиболитами, мигматитами, гранито-гнейсами беломорской серии, палеопротерозойскими вулканитами различного состава, сланцами, конгломератами, залегают верхне-четвертичные ледниковые, водноледниковые, морские осадки. Их распространение обусловлено положением района на границе взаимодействия Восточно-Карельской и Беломорской ледниковых лопастей [Демидов, 2005] во время максимума поздневалдайского оледенения. Здесь на продолжении северо-западной оконечности кряжа Ветреный Пояс, сложенного палеопротерозойскими осадочно-вулканогенными образованиями, перекрывающими архейские комплексы, на стыке двух ледниковых лопастей в результате подледниковой, внутриледниковой и периферийной маргинальной

аккумуляции был сформирован гляциоморфологический комплекс, выраженный в рельефе Сумозерской межлопастной (островной) аккумулятивной возвышенностью. В связи с этапностью своего образования она имеет ярусное строение. Наиболее высокими ее частями являются центральные зоны, которые опоясаны тремя разновозрастными полосами-ярусами ледникового и водноледникового рельефа разной сохранности, абсолютные высоты поверхностей которых последовательно снижаются. Верхний ярус размещается на абсолютных отметках 120–80 м над уровнем моря, средний – 100–60 м н. у. м., нижний – 80–40 м н. у. м. Каждый нижерасположенный ярус отделен от вышерасположенного, а также от поверхности центральных зон маргинальными склонами, либо краевыми грядами, либо участками ориентированного холмисто-грядового краевого рельефа [Лукашов, Экман, 1980]. Три главных этапа (подледниковый, внутриледниковый и периферийной маргинальной аккумуляции) образования островных возвышенностей соответствуют разным стадиям развития оледенения. Сумозерскую межлопастную (островную) ледниковую возвышенность относят к зоне распространения краевых образований невской стадии (12,5–11,8 тыс. ^{14}C лет назад (тыс. л. н.)) развития поздневалдайского ледника [Ekman, Iljin, 1991].

В районе исследования были изучены и проанализированы седиментационные последовательности из озерных котловин, расположенных на разных ярусах Сумозерской возвышенности и на прилегающей к ней приморской равнине Прибеломорской низменности: оз. Верхнее Левешко на верхнем ярусе (120–80 м н. у. м.) развития форм ледниковой и водноледниковой аккумуляции близ западной оконечности возвышенности восточнее меридионально ориентированной цепи краевых гряд, отделяющих этот ярус от центральной зоны Сумозерской островной возвышенности; оз. Левисгорское на нижнем ярусе рельефа (80–40 м н. у. м.) в северо-восточной части возвышенности, на севере от него прослеживается маргинальный склон, крутизной до 35° и перепадом высот от его бровки до поверхности Прибеломорской низменности около 20 метров; оз. Черное и безымянное озеро с абсолютной отметкой уреза воды 28 м н. у. м. на Прибеломорской низменности в непосредственной близости от Сумозерской возвышенности (см. рис. 1).

Материалы и методы

Полевые работы и опробование. Бурение осадков в котловинах исследуемых озер, кроме

оз. Верхнее Левешко, осуществлялось в самом глубоком плоскодонном месте дна с платформы, установленной на катамаране, с помощью переносного поршневого бура, позволяющего брать ненарушенную колонку осадков. От поверхности осадков последовательно с перекрытием в 10 см отбирались метровые секции кернов. Описание, первичное литолого-стратиграфическое изучение вскрытой осадочной последовательности, опробование и фотографирование проводилось в полевых условиях. Для ^{14}C -датирования опробовались те части кернов, которые по текстурно-структурным признакам (появлению тонкой слоистости, литологическим границам) визуально соотносились с контактами, свидетельствующими о смене условий седиментации. Микропалеонтологические пробы отбирались в соответствии с требованиями спорово-пыльцевого анализа, причем вблизи указанных контактов опробование осуществлялось на каждом сантиметре керна. Для озер, предположительно отнесенных к категории изолированных бассейнов, определялась высота порогов стока из котловины – высотная отметка берега без торфа в истоке ручья, вытекающего из озера. Высотные отметки снимались с карты масштаба 1 : 25 000.

Литолого-стратиграфическое описание осадков из оз. Верхнее Левешко заимствовано из фондовых материалов Института геологии КарНЦ РАН и опубликованных работ [Лаврова и др., 2013].

Палинологическое изучение осадков.

При подготовке образцов использовался сепарационный метод В. П. Гричука и ацетолитическая методика Г. Э. Эрдмана [Гричук, Заклинская, 1948]. Для определения концентрации пыльцы к пробам добавлялись маркеры [Stokmarr, 1972]. При идентификации пыльцы и спор использовались справочники-определители [Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Komárek, Jankovska, 2001 и др.] и эталонная коллекция пыльцы и спор Института геологии КарНЦ РАН. В зависимости от концентрации пыльцы в осадках подсчет ее зерен в спорово-пыльцевых спектрах (СПС) обычно составлял 500–1000 единиц. Сумма пыльцы, выявленной в образце, принималась за 100 %, исходя из этого вычислялось относительное содержание пыльцы каждого таксона. Для построения спорово-пыльцевых диаграмм и разделения их на локальные зоны использовались пакет программ Tilia/Tilia-Graph [Grimm, 1992] и программа CONISS. Выделение биостратиграфических уровней было основано на аргументах, связанных с особенностями СПП выделенных

палинозон, корреляции СПП с известными моделями позднеледникового и голоцена [Хотинский, 1977; Елина, 1981].

Радиоуглеродное датирование образцов выполнено традиционным методом в лаборатории геохронологии четвертичного периода факультета географии и геоэкологии СПбГУ по принятой там методике [Арсланов, 1987].

Результаты и их обсуждение

Литолого-стратиграфическое строение седиментационных последовательностей.

Седиментационные последовательности, вскрытые в котловинах изученных озер, имеют двучленное строение и сложены нижней кластогенной и верхней биогенной толщами (табл. 1).

Кластогенная толща сложена песками и алевритами с органикой. В котловинах озер, расположенных в пределах Сумозерской островной возвышенности, осадки слоистые и даже с ленточновидными текстурами, в котловинах на приморской равнине слоистость отсутствует. Мощность этой кластогенной части разрезов в котловинах, расположенных вне возвышенности, составляет около 15 см с кровлей на 20–18 м н. у. м. В котловинах, расположенных на нижних ярусах возвышенности, ее мощность низкая (10 см), на верхних она увеличивается до 1 м.

Верхняя биогенная часть сложена гиттией (сапропелем), имеющей зеленоватый или коричневый цвет, местами содержащей растительный детрит и минеральные частицы (см. табл. 1). Мощность ее в котловине оз. Верхнее Левешко превышает 5 м, а в остальных котловинах составляет несколько десятков сантиметров. Биогенное осадконакопление в котловинах озер началось в пребореале – около 10 тыс. л. н. в пределах Сумозерской возвышенности (датировки ТА-741 и ЛУ-6906, табл. 2) и 8–9 тыс. л. н. на приморской равнине (датировки ЛУ-6904, ЛУ-6911, табл. 2). Характерной особенностью седиментационных последовательностей является наличие отчетливого контакта между кластогенной и органической толщами. Только в котловине оз. Черное, наиболее низко расположенного, переход кластогенной толщи в органическую постепенный, градационный (см. табл. 1).

Слоистые лимногляциальные пески и алевриты с органикой в котловине оз. Верхнее Левешко, образовавшейся в результате гляциокарстовой инверсии, накапливались на заключительных стадиях дегляциации территории в аллереде. Стратиграфическое несогласие

Таблица 1. Описание донных отложений из котловин изученных озер

Интервал глубин, см от уреза воды	Литологическое описание (сверху вниз от поверхности донных осадков)
<i>Озеро Верхнее Левешко: абсолютная отметка порога стока 110 м н. у. м.; глубина воды в месте отбора 1 м (описание приводится по полевым данным И. М. Экмана)</i>	
70–420	Сапропель (ил) разжиженный, взвешенный в воде
420–485	Сапропель зеленовато-коричневый, неплотный
485–582	Сапропель зеленовато-коричневый, более плотный, чем вышележащий
582–590	Сапропель коричневый, плотный, с тонким растительным детритом
590–608	Алеврит серый, верхний контакт резкий
608–620	Алеврит серый и темно-серый, слоистый (слоистость проявлена за счет цвета), с органикой (углистым веществом)
620–668	Алеврит коричневатого-желтый, с органикой
668–680	Алеврит светло-серый, с ленточновидными текстурами, переходящий в пески с гравийно-галечным материалом
<i>Озеро Левисгорское: абсолютная отметка порога стока 45,0 м н. у. м.; глубина воды в месте отбора 5,70 м</i>	
570–698	Сапропель коричневый, неслоистый
698–731	Гиттия оливкового цвета, неслоистая, содержит небольшое количество (около 1 %) минеральной фракции
731–758	Гиттия зеленовато-коричневая, с неясной субгоризонтальной слоистостью, содержит минеральную фракцию, количество которой увеличивается книзу с 5 до 1 %, нижний контакт неровный, с затеками
758–767	Алеврит серый, неясно слоистый, с макроостатками растений и рассеянной органикой черного цвета, образующей «муаровые текстуры»
<i>Озеро безымянное: абсолютная отметка порога стока 28,0 м н. у. м.; глубина воды в месте отбора 8,87 м</i>	
887–916	Сапропель темно-коричневый до черного, слоистый, с макроостатками растений, на глубине 904–905, 910–911 и 913–914 см – прослойки почти белого цвета
916–929	Гиттия зеленовато-коричневая, слоистая, с линзами и прослойками (мощность до 7 мм) растительного детрита
929–937	Гиттия коричневая, слоистая, с макроостатками растительности. В этом интервале количество макроостатков увеличивается
937–950	Гиттия зеленовато-коричневая, плотная, слоистая (мощность слоев 1–3 мм), с макроостатками растений, на глубине 947–950 см отмечена минеральная фракция
950–965	Песок серый с линзой желтого цвета, среднезернистый, неслоистый, контакт с вышележащим слоем резкий, ровный
<i>Озеро Черное: абсолютная отметка порога стока 24,4 м н. у. м.; глубина воды в месте отбора 4,0 м</i>	
400–457	Гиттия темно-коричневая, неслоистая
457–466	Гиттия зеленовато-серая, неслоистая, граница с верхним интервалом градационная, подчеркнута изменением цвета; нижняя граница неровная, с затеками
466–477	Гиттия темно-коричневая, неслоистая, с минеральными частицами (около 1–2 %).
477–484	Алеврит серый с песком, вверх по разрезу происходит утонение материала, переход в вышележащий слой градационный – в алеврите постепенно появляется органический материал; граница с нижним слоем неровная, с размывом
484–492	Песок разнозернистый, неслоистый, с обильным органическим материалом

Таблица 2. Данные радиоуглеродного датирования образцов донных осадков исследованных озер

№ п/п	Название озера	Лабораторный номер	Глубина отбора, см от уреза воды	Радиоуглеродный возраст (¹⁴ C)	Календарный возраст
1	Верхнее Левешко	(ТА-741)	608–618	9700 ± 200	11 071 ± 297
2	Левисгорское	(ЛУ-6903)	682–688	7220 ± 140	8050 ± 140
3	Левисгорское	ЛУ-6906	751–757	10 380 ± 190	12 190 ± 340
4	Безымянное	(ЛУ-6904)	940–950	9180 ± 150	10 390 ± 170
5	Черное	(ЛУ-6913)	484–492	9550 ± 190	10 860 ± 260
6	Черное	(ЛУ-6911)	471–477	8090 ± 130	9000 ± 220

с вышележащей органогенной толщей в осадочной последовательности из котловины этого озера свидетельствует о резкой смене условий седиментации или о некотором перерыве в осадконакоплении. Наличие мертвого льда, заблокировавшего данную котловину, можно предположить в том случае, если допустить возможность значительного продвижения ледникового фронта в позднем дриасе.

Датировка 9700 ± 200 ^{14}C -лет (ТА-741, табл. 2), полученная из темно-серых алевритов, обогащенных органическим веществом, залегающих ниже резкого контакта с органогенной толщей, может быть свидетельством такого предположения.

Вопрос о седиментации в озерах, расположенных на нижнем ярусе Сумозерской островной возвышенности и на границе островной возвышенности с приморской равниной, следует рассматривать в контексте вопроса о положении верхней морской границы. Известно, что положение верхней морской границы на Карельском и Поморском берегах Белого моря сильно варьирует. Так, в районе Чупа, расположенном примерно в 220 км севернее Сумозерской возвышенности, верхняя морская граница находится на высоте около 100 м н. у. м.; в районе Кузема, в 120 км на С-СЗ от исследуемого района, она расположена примерно на 70 м н. у. м. [Колька и др., 2012]. На Соловецких островах морские осадки в донных отложениях малых озер отмечены только на отметках 17 м н. у. м. [Субетто и др., 2012]. Такие значительные различия связаны с неравномерным неотектоническим поднятием разных частей побережья в голоцене по мере снятия ледниковой нагрузки. Исходя из того, что в изученных донных осадках малых озер в районе Сумский Посад ни солоноватоводные, ни морские осадки не обнаружены [Шелехова и др., 2013], следует считать, что котловины изученных озер были вне пределов функционирования морского бассейна.

Седиментационная последовательность донных осадков в котловине оз. Левисгорское (см. табл. 1), расположенного на нижнем ярусе Сумозерской возвышенности, начала формироваться в перигляциальных условиях (песок разнозернистый) и позже в мелководных условиях приледникового водоема (алеврит неясно слоистый и гиттия слоистая). При задержанной дегляциации прилегающей территории на переувлажненных грунтах образовывались торфы. Погребенный торф ранее был вскрыт бурением в котловине озера с отметкой 38 м н. у. м., расположенного в этом же районе. Позже территория подверглась затоплению

водами приледникового водоема, который в позднем дриасе подпруживался на севере и северо-западе фронтом ледниковой лопастки. В конце позднего дриаса, 12 060–1190 кал. л. н., на карельском берегу Белого моря имело место разрушение ледниковой подпруды мелких приледниковых озер и их спуск [Lunkka et al., 2011]. Судя по ^{14}C -датировке $10\,380 \pm 190$ ($12\,190 \pm 340$ кал. л. н.) (ЛУ-6906, табл. 2), полученной из гиттии непосредственно над неровным контактом с кластогенной толщей, кардинальная смена условий седиментации в котловине оз. Левисгорское произошла примерно в это же время.

Безымянное озеро с отметкой уреза воды 28 м н. у. м. и глубиной 9 м находится на приморской равнине в непосредственной близости от флювиокама, сложенного хорошо промытым сортированным среднезернистым песком. Таким же песком сложена и кластогенная толща в разрезе донных осадков из котловины указанного озера (см. табл. 1). Это позволяет предположить ее гляциокарстовое происхождение, когда глыба льда была погребена под флювиогляциальными осадками. Органогенная часть литологической последовательности стала формироваться после стаивания льда в образовавшемся на ее месте озере.

Озеро Черное тоже расположено вблизи границы Сумозерской островной возвышенности на прилегающей к ней приморской равнине. Кластогенная часть представлена разнозернистым, неслоистым песком с обильным органическим материалом (см. табл. 1). В интервале песков встречены даже обломки веток деревьев диаметром до 4 см. Залегающие выше осадки показывают согласное залегание, формировавшееся в мелководном пресноводном водоеме.

Данные палинологического анализа указывают, что донные осадки изученных озер формировались начиная, предположительно, с аллереда – позднего дриаса, когда ледниковый фронт длительное время находился в пределах или вблизи Сумозерской возвышенности.

В осадках оз. Верхнее Левешко выделено восемь палинозон (рис. 2). Спорово-пыльцевые спектры (СПС) палинозоны I характеризуются преобладанием травянистых, представленных главным образом пылью *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, количество которых плавно уменьшается к верхней границе зоны, появляется пыльца *Cyperaceae*, из разнотравья – *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Saxifraga*, *Rubiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Apiaceae*, *Polemonium*, *Rosaceae*, к верхней границе зоны появляется пыльца *Polygonaceae*,

оз. Верхнее Левешко. 110 м н.у.м.

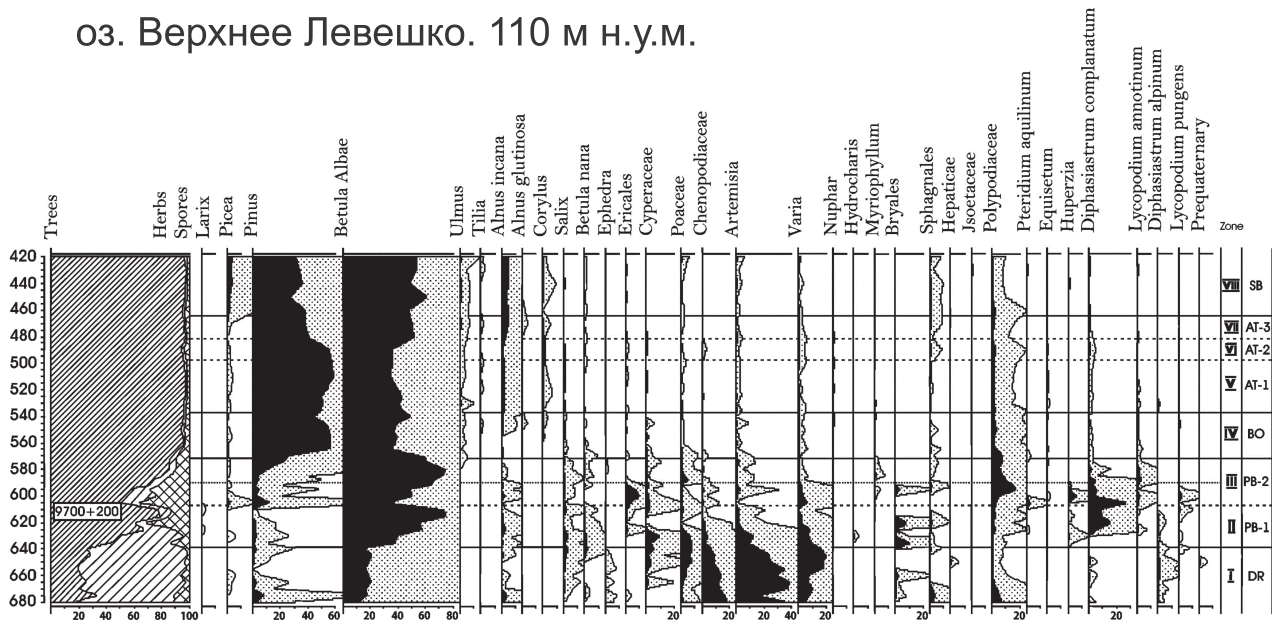


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза донных отложений оз. Верхнее Левешко

Ranunculus, *Caltha palustris*, *Valeriana*. По географическому распространению это в основном степные и арктоальпийские виды, по ценотической приуроченности – обитатели временных сообществ на нарушенных и несформированных грунтах. Древесные растения представлены в основном пыльцой *Betula sect. Albae*, *Pinus*, отмечена пыльца *Juniperus*, *Ephedra*. Главная роль среди споровых принадлежит *Polypodiaceae*, встречены *Bryales*, *Sphagnales*, *Hepaticae*, *Lycopodium pungens*, *Diphasiastrum complanatum*. У верхней границы зоны отмечены дочетвертичные спороморфы. Полученные данные, соотношение пыльцы древесные/недревесные указывают на то, что формирование спектров происходило главным образом в холодном и сухом климате позднего дриаса (11 000–10 300 ¹⁴С л. н.). СПС палинозон II и III (см. рис. 2) были сформированы в пребореальное время (10 300–9300 ¹⁴С л. н.), что подтверждается датировкой 9700 ± 200 ¹⁴С л. н. (ТА-741, табл. 2). Для палинозон II и III характерно резкое нарастание кривой пыльцы древесных и падение количества пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, значительная вспышка спор *Diphasiastrum complanatum*, выклинивание кривых *Betula nana*, *Salix*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, *Poaceae*. СПС палинозоны II (см. рис. 2) характеризуются нарастанием кривой пыльцы *Betula sect. Albae* (главным образом *B. pubescens*) до 80 % и ростом кривой спор *Diphasiastrum complanatum*, количество пыльцы *Pinus*, *Picea*, *Larix* незначительно, падает количество пыльцы *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, среди споровых

преобладает *Bryales*. Для СПС палинозоны III (см. рис. 2) характерно резкое изменение кривой пыльцы *Betula sect. Albae*, что позволяет выделить две субпалинозоны, на границе между которыми алевриты резко сменяются гиттией с примесью растительного детрита (см. табл. 1): в алевритах заметно сокращается количество пыльцы *Betula sect. Albae*, появляются пики *Ericales*, *Diphasiastrum complanatum*, *Huperzia*, споры *Pteridium aquilinum* и пыльца *Chamaenerion angustifolium*, в гиттии возрастает количество пыльцы *Betula sect. Albae* и *Pinus*, доля травянистых незначительна, зафиксирована пыльца *Ephedra*. Особенности СПС палинозон IV (см. рис. 2), сформированной в бореальное время (9300–8000 ¹⁴С л. н.), следует считать доминирование пыльцы *Pinus*, появление пыльцы термофильных *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Alnus glutinosa*, незначительное участие пыльцы кустарничков, травянистых, споровых. Для СПС палинозон V, VI, VII (см. рис. 2) характерен наиболее высокий процент пыльцы термофильных пород (*Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*, *Alnus glutinosa*), что наряду с последовательным изменением СПС позволяет соотносить эти палинозоны с атлантическим временем (8000–4700 ¹⁴С л. н.). Картины зонального типа растительного покрова создают господствующие компоненты спектров – пыльца *Betula sect. Albae* и *Pinus*. Особенностью СПС палинозоны V является увеличение частоты встречаемости макрофитов (*Nuphar*) и спор *Equisetum*, палинозоны VI – сокращение пыльцы термофильных, стабильное содержание *Betula sect. Albae* (37–39 %) и уменьшение *Pinus*; палинозоны VII – увеличение доли

оз. Левисгорское. 45 м н.у.м.

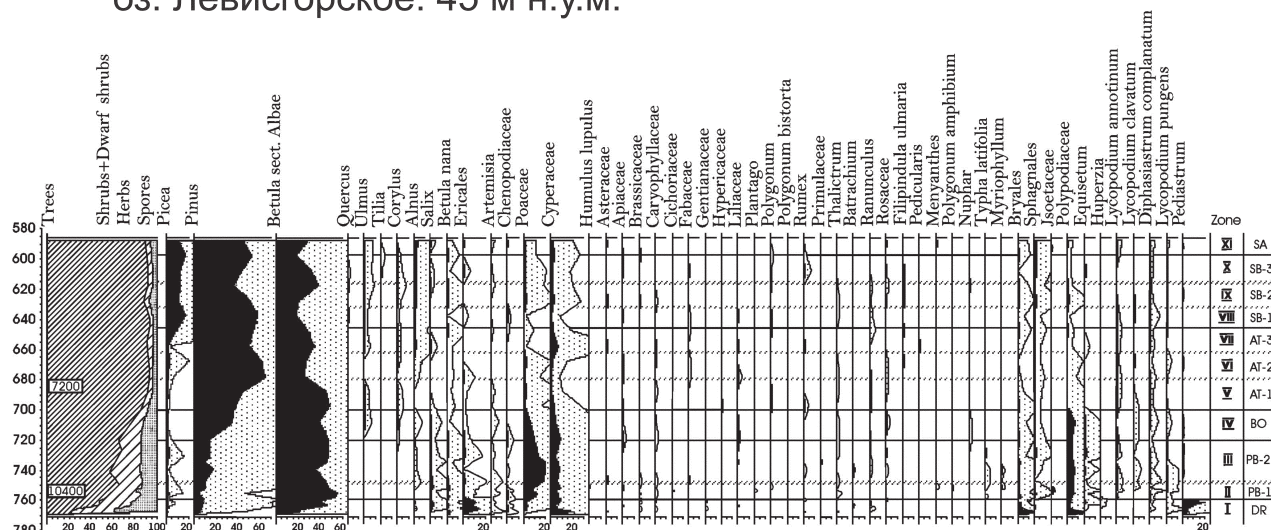


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза донных отложений оз. Левисгорского

Betula sect. Albae, уменьшение *Pinus* и повышение роли пыльцы термофильных древесных пород. Основные особенности палинозоны VIII (см. рис. 2) – значительное увеличение пыльцы *Picea*, прерывается и затем появляется вновь кривая *Corylus*, исчезает из спектров *Alnus glutinosa*, с меньшей частотой встречается пыльца *Tilia*, что свидетельствует о формировании СПС в суббореальное время (4700–2500 л. н.).

В осадках оз. Левисгорское, расположенного на нижнем ярусе Сумозерской возвышенности, выделено одиннадцать палинозон (рис. 3). СПС палинозоны I выделены в водноледниковых песках и алевритах, где отмечена низкая концентрация пыльцы при увеличении ее к верхней границе палинозоны, из древесных преобладает пыльца *Betula sect. Albae* – возможно, переотложенная, среди кустарничков – пыльца *Ericales*, из травянистых – *Cyperaceae* (ее доля уменьшается от 20 до 4 %), спор – *Polypodiaceae* и *Bryales*. Хотя присутствие типичных представителей перигляциальной флоры незначительно, можно предположить, что накопление осадков происходило в позднем дриасе (11 000–10 300 л. н.), чему не противоречит и датировка $10\,380 \pm 190$ ^{14}C л. н. (ЛУ-6906, табл. 2) для перекрывающих их отложений. СПС палинозоны II (см. рис. 3) выделены в верхней части кластогенной и базальной части органогенной толщи, при накоплении которых происходили значительные климатические изменения, о чем свидетельствует повышение доли пыльцы древесных пород, главным образом *Betula sect. Albae*. Для СПС палинозоны III (см. рис. 3) характерно дальнейшее увеличение концентрации пыльцы, нарастание

кривой пыльцы древесных пород *Betula sect. Albae*, *Pinus*, доля пыльцы кустарничков и кустарничков *Salix*, *Betula nana*, *Ericales* не превышает одного процента, среди травянистых значительно возрастает количество пыльцы *Poaceae*, из споровых – *Polypodiaceae*, а также характерно таксономическое разнообразие спор плаунов. Одной из главных особенностей палинозоны III является появление в спектрах пыльцы водных и прибрежно-водных *Myriophyllum*, *Typha latifolia*, *Polygonum amphibium*, *Menyanthes trifoliata*, спор *Isoetes*. Совокупность данных позволяет отнести формирование СПС палинозон II и III к пребореальному времени (10 200–9300 ^{14}C л. н.). В СПС палинозоны IV (см. рис. 3) зафиксировано характерное для спектров бореального времени (9300–8000 ^{14}C л. н.) значительное увеличение количества пыльцы *Pinus* до равного значениям *Betula sect. Albae*, появление пыльцы термофильных пород (*Ulmus*, *Corylus*), уменьшение до долей процента доли *Salix*, *Betula nana*, *Ericales*, значительное снижение количества пыльцы *Cyperaceae* и *Poaceae*. СПС палинозон V, VI и VII (см. рис. 3) объединяет наличие пыльцы термофильных пород, что наряду с полученной датировкой 7200 ^{14}C л. н. позволяет отнести накопление осадков к атлантическому периоду (8000–4700 л. н.), когда северная граница распространения термофильных *Ulmus laevis*, *U. glabra* максимально приблизилась к территории исследования. В СПС палинозоны V (см. рис. 3) возрастает количество пыльцы *Betula sect. Albae*, уменьшается количество спор *Polypodiaceae*. СПС палинозоны VI (см. рис. 3) характеризуются максимумом пыльцы *Pinus*, исчезновением пыльцы *Ulmus*, *Corylus*. В СПС

оз. Безымянное. 28 м н.у.м.

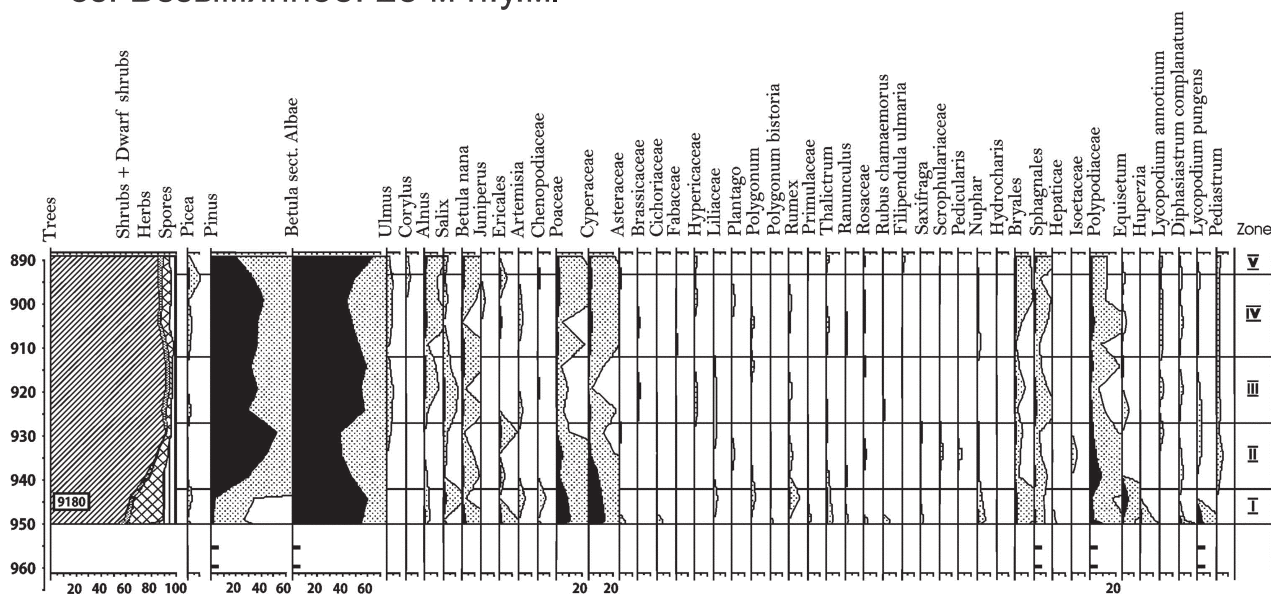


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза донных отложений безымянного озера с отметкой 28 м н. у. м.

палинозоны VII (см. рис. 3) опять увеличивается доля *Betula sect. Albae*, *Alnus*, появляется пыльца термофильных пород, отмечено увеличение пыльцы *Cyperaceae*. СПС палинозоны VIII (см. рис. 3) характеризуются пиком пыльцы *Picea* (верхний максимум ели) и уменьшением количества пыльцы термофильных пород, что позволяет предположить формирование вмещающих осадков в начале суббореального периода (4700–2500 ¹⁴С л. н.) с резким кратковременным похолоданием. Особенностью палинозоны IX (см. рис. 3) является увеличение в СПС пыльцы *Betula sect. Albae*, термофильных пород, *Cyperaceae*, *Poaceae* и спор *Polypodiaceae*. Палинозона X (см. рис. 3) характеризуется уменьшением количества пыльцы *Betula sect. Albae*, возрастанием *Pinus* и *Picea*, появлением пыльцы *Quercus* и *Tilia*, по-прежнему в спектрах присутствует пыльца *Ulmus* и *Corylus*. СПС палинозоны XI (см. рис. 3) отличаются увеличением количества пыльцы *Betula sect. Albae*, уменьшением содержания и разнообразия пыльцы термофильных пород и соответствуют началу субатлантического (последние 2500 ¹⁴С лет) времени с характерным направленным похолоданием климата.

В осадках безымянного озера с отметкой уреза воды 28 м н. у. м., расположенного на приморской равнине, выделено пять палинозон (рис. 4). В водноледниковых песках встречены очень малочисленная (не более 20 зерен) пыльца и споры *Pinus*, *Betula sect. Albae*, *Sphagnales*, *Lycopodiaceae*. Палинозона I выделена уже в органогенных осадках, накапливавшихся

в конце пребореала – начале бореала, судя по датировке 9180 ± 150 ¹⁴С л. н. (ЛУ-6904, табл. 2). СПС характеризуются значительным нарастанием к верхней границе зоны пыльцы древесных пород, в частности пыльцы *Betula czerepanovii* и *B. pubescens*, наличием пыльцы *Salix*, *Betula nana* и *Ericales*, единичным присутствием пыльцы *Picea*, *Pinus*, среди трав доминирует пыльца *Cyperaceae* и *Poaceae*, присутствуют *Artemisia* и *Chenopodiaceae*, в разнотравье определена пыльца *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Hypericaceae*, *Polygonaceae*, *Polygonum bistorta*, *Rumex*, *Primulaceae*, *Thalictrum*, *Rosaceae*, *Rubus chamaemorus*, *Saxifraga*, среди спор доминирует *Polypodiaceae*, субдоминируют *Equisetum*, *Lycopodiaceae*, присутствуют *Bryales*, *Sphagnales*, *Hepaticae*. Особенностями палинозоны II (см. рис. 4) являются увеличение количества пыльцы *Pinus*, достигающей максимальных значений у верхней границы зоны, появление пыльцы *Ulmus*, незначительный вклад пыльцы *Salix*, *Betula nana*, *Ericales*, *Cyperaceae*, *Poaceae*; среди споровых по-прежнему доминирует *Polypodiaceae*, но отмечено снижение количества спор *Bryales*, *Sphagnales*, *Lycopodiaceae*, появляется пыльца макрофитов, споры *Isoetes*. Здесь же определены колонии водорослей *Pediastrum*. Формирование СПС палинозоны II отнесено к бореальному времени (8000–4700 ¹⁴С л. н.). СПС палинозоны III (см. рис. 4), соотношенной с атлантическим временем (8000–4700 ¹⁴С л. н.), имеют четкие особенности, которые придает им появление пыльцы термофильных пород: *Ulmus*, *Corylus*,

оз.Черное. 24.4 м н.у.м.

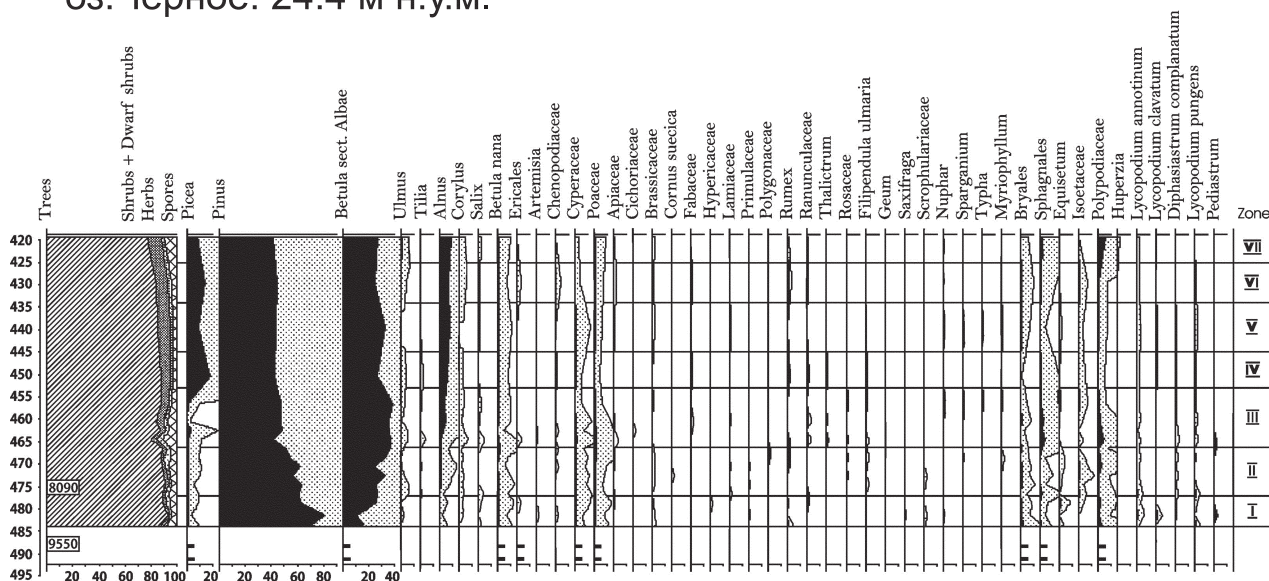


Рис. 5. Спорно-пыльцевая диаграмма разреза донных отложений оз. Черное

а также *Alnus* (*A. glutinosa*, *A. incana*), создающих непрерывные кривые; увеличивается количество пыльцы *Betula sect. Albae* (*B. pubescens*, *B. pendula*), *Salix*, вклад пыльцы травянистых в целом, а *Cyperaceae* и *Poaceae* в частности уменьшается, по-прежнему доминирует *Polypodiaceae*, хотя количество его спор также уменьшается. У нижней границы палинозоны IV (см. рис. 4), соотношенной с суббореальным временем (4700–2500 ¹⁴С л. н.), прерывается кривая пыльцы *Ulmus*, уменьшается количество пыльцы *Alnus glutinosa*, пыльца *Corylus* выпадает из спектров и появляется вновь лишь у верхней границы палинозоны IV. Здесь доля пыльцы *Betula sect. Albae* сокращается, а *Pinus* – увеличивается, образуется непрерывная кривая пыльцы *Picea*, хотя ее количество не превышает двух процентов, появляется пыльца *Juniperus*, *Ericales*. Среди травянистых отмечено увеличение количества пыльцы *Poaceae* и *Cyperaceae*, зафиксирована пыльца *Nuphar* и *Hydrocharis*, при доминирующей роли спор *Polypodiaceae* возрастает значение *Lycopodiaceae*, отмечается постепенное повышение доли спор *Bryales* и *Sphagnales*. Палинозона V (см. рис. 4), сопоставленная с субатлантическим временем, характеризуется сокращением количества пыльцы термофильных пород, что обусловлено дальнейшим похолоданием климата; среди основных компонентов СПС отмечено снижение доли *Pinus* и *Picea*, увеличение *Betula sect. Albae*, а также *Alnus* (*A. incana*).

В осадках оз. Черное, расположенного наиболее низко в рельефе, установлено семь

палинозон (рис. 5). В базальной части осадочной последовательности, представленной песками (см. табл. 1), как и в предыдущем случае, концентрация пыльцы низкая – обнаружены единичные зерна *Pinus*, *Picea*, *Cyperaceae*, *Poaceae*. Палинозона I выделена в неслоистых алевролитах, которые с несогласием залегают на песках и формировались в бореальное время (9300–8000 ¹⁴С л. н.). На контакте этих слоев происходит значительное изменение в составе СПС, отличительными особенностями которых являются высокое содержание пыльцы и спор, максимальное для всей последовательности количество пыльцы *Pinus*, низкая доля пыльцы *Betula sect. Albae*, количество которой возрастает к верхней границе палинозоны I, присутствие пыльцы *Picea*, *Alnus* (*A. incana*), *Betula nana* (содержание последней в СПС обычно в десять раз меньше, чем в существовавшем фитоценозе [Шешина, 1980]); количество пыльцы травянистых невелико, лидируют *Cyperaceae* и *Poaceae*, в разнотравье – *Cichoriaceae*, *Brassicaceae*, *Rumex*, *Saxifraga*, *Scrophulariaceae*; в группе спор доминируют *Bryales*, *Polypodiaceae*, присутствуют споры гипоарктических и бореальных видов плаунов *Huperzia appressum*, *Diphasiastrum complanatum*, *Lycopodium pungens*, *L. annotinum*. При переходе между кластогенными и органогенными толщами резких изменений в СПС не отмечено. СПС палинозон II, III, IV (см. рис. 5) объединяет присутствие пыльцы термофильных пород (*Ulmus laevis*, *U. glabra*, *Tilia cordata*, *Corylus avellana*),

количество и разнообразие которых увеличивается по сравнению с палинозоной I, что было возможно по причине теплого и влажного климата атлантического периода (8000–4700 ¹⁴С л. н.). СПС палинозоны II, выделенной в базальном слое гиттии (см. табл. 1, рис. 5), характеризуются возрастанием доли пыльцы *Betula sect. Albae* при соответствующем уменьшении вклада пыльцы *Pinus*, которая продолжает занимать доминирующие позиции, возрастанием количества пыльцы *Alnus* (помимо *A. incana* появляется пыльца *A. glutinosa*), *Corylus*, присутствием пыльцы термофильных пород *Ulmus*, *Tilia*, доминированием *Cyperaceae* и *Poaceae* среди травянистых, возрастанием разнообразия и количества пыльцы разнотравья – *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Cornus suecica*, *Hypericaceae*, *Primulaceae*, *Lamiaceae*, *Polygonaceae*, *Rumex*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae* (в том числе *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*), *Scrophulariaceae*, появлением пыльцы водных и прибрежно-водных видов (*Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*), преобладанием спор *Polypodiaceae*, *Sphagnales*, *Bryales*, увеличением количества спор *Equisetum*, появлением *Isoetaceae*, присутствием тех же спор плаунов, что и в палинозоне I. СПС палинозоны III (см. рис. 5), выделенной в слоях гиттии, разделенных неровной границей (см. табл. 1), отличаются от СПС палинозоны II тем, что здесь почти в равной доле доминирует пыльца *Pinus* и *Betula sect. Albae* при постоянном ее количестве; у верхней границы палинозоны II появляется рациональная кривая пыльцы *Picea*, увеличивается вклад пыльцы *Alnus* (*A. incana* и *A. glutinosa*), а также *Salix*, снижается содержание пыльцы *Cyperaceae* и *Poaceae*, появляется пыльца *Fabaceae*, *Thalictrum*, среди пыльцы водных и прибрежно-водных растений определена пыльца *Myriophyllum*, *Sparganium*, *Typha*, *Nuphar*, колонии водорослей *Pediastrum* (*Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *longicorne*), в группе споровых увеличивается количество *Polypodiaceae*, *Sphagnales*, присутствуют споры *Bryales*, *Lycopodiaceae*, *Isoetes*, уменьшается доля *Equisetum*. Палинозона IV (см. рис. 5) отличается пиком пыльцы *Picea*, кривые пыльцы термофильных древесных пород обрываются к верхней ее границе. Палинозона V (см. рис. 5) характеризуется сокращением поступления пыльцы термофильных пород, некоторым увеличением доли пыльцы *Betula sect. Albae* и *B. nana*, возрастанием количества пыльцы *Cyperaceae*, а также пыльцы *Myriophyllum*, *Sparganium*, *Typha*, *Nuphar*, увеличением количества плаунов в группе споровых. По-видимому, СПС палинозоны V

сформировались в начале суббореального периода, для которого характерны резкое похолодание и уменьшение влажности климата. Однако затем показатели климата вновь превысили современные значения, что привело к появлению в спектрах палинозоны VI (см. рис. 5) пыльцы термофильных пород. Характерной особенностью СПС палинозоны VII (см. рис. 5) является уменьшение количества пыльцы термофильных пород, незначительное снижение доли *Picea* и увеличение *Betula*, а также *Alnus* (*A. incana*), количество пыльцы *Pinus* остается неизменным. По всей вероятности, СПС этой палинозоны формировались в субатлантическое время.

Таким образом, осадки, соответствующие концу **аллереда и позднему дриасу**, установлены в котловинах озер Верхнее Левешко, Левисгорское, расположенных в пределах Сумозерской возвышенности. Доминантом СПС соответствующей палинозоны разреза Верхнее Левешко выступает пыльца *Artemisia* и разнотравья, субдоминантами – пыльца *Chenopodiaceae* и *Betula sect. Albae*, тогда как доминантами СПС соответствующей палинозоны донных отложений оз. Левисгорское является *Betula sect. Albae* и *Ericales*, субдоминантами – пыльца *Cyperaceae*. Объединяющим фактором можно считать весьма значительное количество пыльцы *Betula sect. Albae*. Различия в составе ведущих компонентов спектров объясняются расположением изучаемых территорий на разных гипсометрических уровнях. В окрестностях озера Верхнее Левешко, находящегося на верхнем ярусе западного склона Сумозерской островной возвышенности, господствовали ксерофильные полынно-маревые группировки, а в окрестностях озера Левисгорское, расположенного на нижнем ярусе, из-за лучшей влагообеспеченности преобладали тундровые кустарничковые и в меньшей степени ерниковые палеосообщества. Основной фон ландшафта был представлен оголенными минеральными субстратами с отдельными островками палеоценозов. Единичные деревья и редкостойные ценозы из *Betula czerepanovii* могли находить благоприятные местообитания в межрядовых понижениях, у холмов с подветренной стороны и других защищенных от ветра местообитаниях. На берегу палеоводоёма Левисгорское произрастали осоково-злаковые ценозы. Нужно отметить, что ленточновидные алевриты сменяются вверх по разрезу гумусированными алевритами, начало накопления которых практически совпадает с появлением непрерывной кривой *Cyperaceae* и *Poaceae*. Вероятно, расселившиеся по мелководьям осоки

и тростники обеспечили поступление в водоем органико-гумусного вещества. В праводоеме Левисгорское в дриасе откладывались алевриты с макроостатками растений.

Отложения **пребореального времени** выделены в осадках всех изученных озер. В них доминирующие позиции занимает пыльца *Betula sect. Albae*. Субдоминанты в разрезах оз. Левисгорское и безымянного озера с отметкой 28 м н. у. м. представлены пыльцой *Poaceae* и *Cyperaceae*, а также спорами *Polypodiaceae*, в разрезе оз. Верхнее Левешко субдоминанты последовательно сменяют друг друга: сначала это пыльца *Poaceae*, *Artemisia* и *Varia*, затем споры *Lycopodium complanatum* и *Ericales* и, наконец, споры *Polypodiaceae*. Для пребореала характерно глобальное увеличение тепло- и влагообеспеченности, что привело к необратимым изменениям в растительном покрове. В начале пребореального времени растительный покров еще не сомкнут, но площадь оголенных, не освоенных растительностью территорий становится все меньше. Все более широко распространяются редкостойные березовые ценозы из *Betula pubescens*, *B. czerepanovii*, к которым впоследствии примыкает *B. pendula*. Распространение растительности и закрепление грунтов препятствовали их эрозии, и в озерных котловинах началось накопление органических илов, сапропеля.

Отложения **бореального времени** выделены в разрезах всех исследованных озер и представлены в основном гиттией. В СПС доминирующим компонентом является пыльца *Pinus* в разрезе оз. Верхнее Левешко, оз. Черное и безымянного озера и *Betula sect. Albae* при значительном увеличении пыльцы *Pinus* в разрезе оз. Левисгорское. В составе СПС появляется пыльца термофильных пород, в целом уменьшается количество пыльцы травянистых, а среди спор преобладают *Polypodiaceae*. Для бореального времени характерно направленное и существенное потепление климата на фоне дефицита влажности. Это способствовало активному распространению сосны, которая занимала благоприятные для нее местообитания, внедряясь в уже существующие березовые сообщества. На изучаемой территории распространяются сосновые лишайниковые северотаежные леса, как монодоминантные, так и с примесью березы. К наиболее влажным местообитаниям были приурочены березовые крупнотравные ценозы, они преобладали в районе оз. Левисгорское. Сами водоемы постепенно зарастают водными растениями, главным образом кубышкой (*Nuphar*), наиболее интенсивно процесс зарастания происходил в оз. Левисгорском,

возможно, это было обусловлено существованием обширных мелководий.

В СПС разрезов оз. Верхнее Левешко и оз. Левисгорское в отложениях **атлантического времени** преобладает пыльца *Pinus*, доля ее несколько снижается к концу указанного периода. В СПС разреза оз. Черное наряду с пыльцой *Pinus* доминантой является и пыльца *Betula sect. Albae*. Содержание пыльцы *Pinus* остается неизменным начиная с первой половины атлантического и до субатлантического времени. Видимо, в начале атлантикума сосна заняла все благоприятные для нее местообитания, где оказалась наиболее конкурентоспособной породой. В СПС донных отложений безымянного озера доминирующие позиции занимает пыльца *Betula sect. Albae*. Существенное потепление и увеличение влажности климата сделало возможным продвижение к северу термофильных пород, пыльца которых зафиксирована в СПС всех изученных разрезов. В СПС отложений атлантического времени присутствует и пыльца *Picea*. Миграция сосны привела к тому, что она вытеснила березу со всех удобных местообитаний в районе оз. Левисгорское и оз. Верхнее Левешко. В конце атлантикума в районе исследований произошло сокращение сосновых ценозов, по-видимому, из-за повышения влажности климата в последней трети атлантического периода [Елина и др., 2000]. Приморская равнина с низкими гипсометрическими отметками и, вероятно, более высоким уровнем грунтовых вод обеспечивала благоприятные местообитания для распространения березы.

Резкое похолодание и уменьшение влажности климата в начале **суббореального периода** привело к сокращению термофильных пород, что нашло отражение в СПС всех изученных разрезов донных отложений. Из-за последовавшего позже потепления опять появились благоприятные для них местообитания. Есть данные [Девятова, 1976] о том, что в Южном Беломорье климат суббореала был более теплым и влажным, чем в атлантическое время. Свидетельством этому может быть увеличение количества и разнообразия пыльцы термофильных пород – *Ulmus*, *Alnus glutinosa*, *Corylus*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*. Суббореал является временем активного распространения ели. Известно, что репрезентация пыльцы ели в палиноценозах всегда ниже, чем ее доля в составе фитоценозов [Елина, 1981; Лийвранд, 1990], поэтому о появлении ее в лесах можно говорить уже при однопроцентном наличии пыльцы в СПС. Количество пыльцы ели в СПС разрезов оз. Левисгорское и оз. Черное в несколько раз выше, чем в разрезе оз. Верхнее Левешко

и малого безымянного озера, что следует из различий в локальных условиях местообитаний. Доминантами СПС суббореальных отложений выступают пыльца *Pinus* с содоминантной *Betula sect. Albae*.

Изменения основных компонентов СПС палинозон, относящихся к **субатлантическому времени**, в целом имеют одинаковую тенденцию, выразившуюся в уменьшении вклада пыльцы *Picea*, *Pinus* и увеличении *Betula sect. Albae*. Направленность нарушена в отложениях озера Черное, где содержание пыльцы *Pinus* остается неизменным начиная с первой трети атлантического времени.

Выводы

Из данных изучения донных отложений, их литологии, стратиграфии, содержащихся фоссилий пыльцы и диатомовых водорослей следует, что (1) краевой комплекс рельефа, в состав которого входит Сумозерская островная возвышенность, окончательно сформировался не в невскую стадию развития оледенения, а в более позднюю стадию сальпаусселькя (поздний дриас); (2) осадконакопление в позднем дриасе на нижнем ярусе Сумозерской возвышенности и прилегающей равнине осуществлялось в условиях приледникового водоема, в состав которого входили все изученные озера, кроме оз. Верхнее Левешко, находящегося на верхнем ярусе возвышенности и являвшегося в позднем дриасе водоемом интрагляциальной зоны; (3) после реактивации ледникового фронта при похолодании позднего дриаса более ранняя дегляциация имела место в пределах возвышенности, биогенное осадконакопление в котловинах озер началось в пребореале – около 10 тыс. л. н. в пределах Сумозерской возвышенности и 8–9 тыс. л. н. на приморской равнине; (4) отсутствие морских и переходных фаций донных отложений в осадочных последовательностях, наличие зеленых водорослей *Pediastrum* в нижних частях изученных разрезов, а также пресноводный состав диатомовой флоры с незначительной примесью переотложенных солоноватоводных форм свидетельствует, что в местных условиях отлогого берега Онежского залива до конца пребореала здесь существовал пресноводный бассейн, значительное осолонение которого имело место уже после изоляции изученных озерных котловин; (5) сопоставление палинологических данных показало, что спорово-пыльцевые спектры одних и тех же временных интервалов имеют как общие, так и специфические черты, обусловленные положением озер на разных

гипсометрических отметках и влиянием локальных фитоценозов; в СПС самого крупного оз. Верхнее Левешко в большей степени отражается региональный тип растительности, в СПС озер меньших размеров увеличивается влияние локальной растительности.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 11–05–00791–а.

Литература

- Арсланов Х. А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. Л.: ЛГУ, 1987. 294 с.
- Геология Карелии. Л.: Наука, 1987. 231 с.
- Гричук М. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. 223 с.
- Девятова Э. И. Геология и палинология голоцена и хронология памятников первобытной эпохи в Юго-Западном Беломорье. Л.: Наука, 1976. 121 с.
- Демидов И. Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. Вып. 8. С. 134–142.
- Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 159 с.
- Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. С. 101–107.
- Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С. и др. Перемещение береговой линии Белого моря и гляциоизостатическое поднятие суши в голоцене (район поселка Кузема, Северная Карелия) // Доклады Академии наук. 2012. Т. 442, № 2. С. 263–267.
- Колька В. В., Корсакова О. П. Применение геологических методов для датирования каменных лабиринтов на побережье Белого моря // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15, № 2. С. 349–356.
- Колька В. В., Евзеров В. Я., Меллер Я. Й., Корнер Д. Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене-голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия геогр. 2013а. № 1. С. 73–88.
- Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С. и др. Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район пос. Энгозеро, Северная Карелия) // Докл. АН. 2013б. Т. 449, № 5. С. 587–592.
- Корсакова О. П., Колька В. В., Алексеева А. Н. и др. Элементный состав разнофациальных осадков из малых озерных котловин побережья Белого моря (северная Карелия, район Чупа) // Геохимия литогенеза: материалы Российского совещания с международным участием (Сыктывкар, 17–19 марта 2014 г.). Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. С. 121–124.

Кошечкин Б. И., Девятова Э. И., Каган Л. Я., Пунинг Я. М. Последледниковые морские трансгрессии в Онежском Беломорье // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1977. С. 5–16.

Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 171 с.

Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Lamiaceae-Zugophyllaceae. Л.: Наука, 1978. 184 с.

Лаврова Н. Б., Колька В. В., Корсакова О. П. Палиноспектры донных отложений озер как индикаторы миграции береговой линии Белого моря (Северная Карелия) // Материалы XVIII Международной научной конференции (школы) по морской геологии (Москва, 16–20 ноября 2009 г.). Москва, 2009. С. 204–209.

Лаврова Н. Б., Колька В. В., Корсакова О. П. Палинологическая характеристика донных отложений малых озер Поморского берега Белого моря (р-н пос. Сумпосад) и Сумозерской островной возвышенности // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. Вып. 16. С. 122–131.

Лийвранд Э. Методические проблемы палиностратиграфии плейстоцена. Таллинн: Валгус, 1990. 176 с.

Лукашов А. Д., Экман И. М. Деградация последнего оледенения и некоторые особенности маргинальной и островной ледниковой аккумуляции в Карелии // Природа и хозяйство Севера. Мурманск: Мурманское книжное издательство, 1980. Вып. 7. С. 8–20.

Слабунов А. И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов (на примере Беломорской провинции Фенноскандинавского щита). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. 296 с.

Субетто Д. А., Шевченко В. П., Лудикова А. В и др. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага

и скорости современного озерного осадконакопления // Доклады Академии наук. 2012. Т. 446, № 2. С. 183–190.

Хотинский Н. А. Голоцен северной Евразии. М.: Наука, 1977. 199 с.

Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б. Новые данные о миграции береговой линии Белого моря // Ученые записки ПетрГУ. 2011. № 2. С. 24–32.

Шелехова Т. С., Колька В. В., Корсакова О. П. Диатомовые водоросли в донных осадках озер побережья Белого моря (район поселка Сумский Посад, Карелия, Россия) // Материалы XIII Международной научной конференции альгологов «Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований» (Кострома, 24–29 августа 2013 г.). Кострома, 2013. С. 98–99.

Шешина О. Н. О степени сходства палино- и фитоценозов и реставрации палеофитоценозов // Вестник МГУ. Сер. геол. 1980. № 4. С. 85–89.

Ekman I., Iljin V. Deglaciation, the Younger Dryas end moraines and their correlation in the Karelian ASSR and adjacent areas // Eastern Fennoscandian Younger Dryas End Moraines: Excursion Guide. Eds. Rainio H., Saarnisto M. Geological Survey of Finland: Espoo, 1991. P. 73–101.

Grimm E. G. TILIA 1.12, TILIA GRAPH 1.18. Illinois State Museum, Research & Collection Center, Springfield, Illinois. 1992. 56 p.

Komarek J., Jankovska V. Review of the green algal genus *Pediastrum*: implication for pollenanalytical research // Bibliotheca phycologica. Band 108. Berlin; Stuttgart; Cramer, 2001. 127 p.

Lunkka J. P., Putkinen N., Miettinen A. Shoreline displacement in the Belomorsk area, NW Russia, during the Younger Dryas stadial // Quaternary Science Reviews. 2012. Vol. 37. P. 26–37.

Stokmarr J. Determination of spore concentration with in electronic particlecounter. Kobenhavn: Geological Survey of Denmark, 1972. P. 87–89.

Поступила в редакцию 04.02.2015

References

Arslanov Kh. A. Radiouglerod: geokhimiya i geokhronologiya [Radiocarbon: geochemistry and geochronology]. Leningrad: LGU, 1987. 294 p.

Devyatova E. I. Geologiya i palinologiya golotsena i khronologiya pamyatnikov pervobytnoi epokhi v Yugo-Zapadnom Belomor'e [Geology and palynology of Holocene. Chronology of the primitive monuments in the South-Western White Sea]. Leningrad: Nauka, 1976. 121 p.

Demidov I. N. Degradatsiya pozdnevaldaiskogo oledeniya v basseine Onezhskogo ozera [Degradation of the Late Valdai Glaciation in Onega Lake basin]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii [Geology and mineral resources of Karelia]*. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2005. Iss. 8. P. 134–142.

Elina G. A. Printsipy i metody rekonstruktsii i kartirovaniya rastitel'nosti golotsena [Principles and

methods for reconstruction and mapping of Holocene vegetation]. Leningrad: Nauka, 1981. 159 p.

Elina G. A., Lukashov A. D., Yurkovskaya T. K. Pozdnelednikov'e i golotsen Vostochnoi Fennoskandii (paleorastitel'nost' i paleogeografiya) [Late glacial and holocene palaeovegetation and palaeogeography of the Eastern Fennoscandia]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2000. P. 101–107.

Geologiya Karelii [Geology of Karelia]. Leningrad: Nauka, 1987. 231 p.

Grichuk M. P., Zaklinskaya E. D. Analiz iskopaemykh pyl'tsy i spor i ego primenenie v paleogeografii [Analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography]. Moscow: Geografiz, 1948. 223 p.

Khotinskii N. A. Golotsen severnoi Evrazii [Holocene of the Northern Eurasia]. Moscow: Nauka, 1977. 199 p.

Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Arslanov Kh. A. Peremeshchenie beregovoi linii Belogo morya i glyatsioizostaticeskoe podnyatie sushi v golotsene (raion poselka Kuzema, severnaya Kareliya) [Translocation of the White Sea shoreline and glacioisostatic land uplift in the Holocene (Kuzema area, North Karelia)]. *Doklady Akademii nauk [Proceedings of Academy of Sciences]*. 2012. Vol. 442, No 2. P. 263–267.

Kol'ka V. V., Korsakova O. P. Primenenie geologicheskikh metodov dlya datirovaniya kamennykh labirintov na poberezh'e Belogo morya [Application of geological methods for dating of stone labyrinths on the White Sea coast]. *Vestnik MGTU [Herald of MSTU]*. 2012. Vol. 15, No 2. P. 349–356.

Kol'ka V. V., Evzerov V. Ya., Meller Ya. I., Korner D. D. Peremeshchenie urovnya morya v pozdnem pleistotsene-golotsene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozer na yuzhnom beregu Kol'skogo poluoostrova, v raione poselka Umba [Shifts in sea level in late Pleistocene-Holocene and stratigraphy of bottom sediments from the isolated lakes on the southern shore of the Kola Peninsula, Umba village]. *Izvestiya RAN. Seriya geogr. [Proceedings of RAS. Geographical series]*. 2013a. No 1. P. 73–88.

Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Arslanov Kh. A. Rekonstruktsiya odnositel'nogo polozheniya urovnya Belogo morya v golotsene na Karel'skom beregu (raion pos. Engozero, severnaya Kareliya) [Reconstruction of the relative White Sea level position in the Holocene on the Karelian shore (Engozero area, North Karelia)]. *Dokl. AN [Proceedings of Academy of Sciences]*. 2013b. Vol. 449, No 5. P. 587–592.

Korsakova O. P., Kol'ka V. V., Alekseeva A. N., Tolstobrov D. S., Lavrova N. B., Shelekhova T. S. Elementnyi sostav raznofatsial'nykh osadkov iz malykh ozernykh kotlovin poberezh'ya Belogo morya (severnaya Kareliya, raion Chupa) [Element composition of multi-facies sediments from the small lake basins of the White Sea shore (North Karelia, Chupa area)]. *Geokhimiya litogeneza: materialy Rossiiskogo soveshchaniya s mezhdunarodnym uchastiem (Syktyvkar, 17–19 marta 2014 g.) [Geochemistry of lithogenesis: proceedings of Russian meeting with international participation (Syktyvkar, March 17–19, 2014)]*. Syktyvkar: IG Komi NTs UrO RAN, 2014. P. 121–124.

Koshechkin B. I., Devyatova E. I., Kagan L. Ya., Punning Ya. M. Poslednikovye morskije transgressii v Onezhskom Belomor'e [Postglacial sea transgressions in the Onega – White Sea]. *Stratigrafiya i paleogeografiya chetvertichnogo perioda Severa evropeiskoi chasti SSSR [Quaternary stratigraphy and paleogeography of the European North of the USSR]*. Petrozavodsk: Karel'skii filial AN SSSR, 1977. P. 5–16.

Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pyl'tsa i spory rastenii flory Evropeiskoi chasti SSSR [Pollen and spores of plants of the flora of the European part of the USSR]. Vol. 1. Leningrad: Nauka, 1972. 171 p.

Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pyl'tsa dvudol'nykh rastenii flory Evropeiskoi chasti SSSR. Lamiaceae-Zygophyllaceae [Pollen of dicotyledons from the flora of the European part of the USSR. Lamiaceae-Zygophyllaceae]. Leningrad: Nauka, 1978. 184 p.

Lavrova N. B., Kol'ka V. V., Korsakova O. P. Palinospektry donnykh otlozhenii ozer kak indikator migratsii

beregovoi linii Belogo morya (severnaya Kareliya) [Palynospectra of lake bottom sediments as migration indicators of the White Sea shoreline (North Karelia)]. *Materialy XVIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (shkoly) po morskoi geologii (Moskva, 16–20 noyabrya 2009 g.) [Proceedings of the XVIII international scientific conference (school) on marine geology (Moscow, November 16–20, 2009)]*. Moscow, 2009. P. 204–209.

Lavrova N. B., Kol'ka V. V., Korsakova O. P. Palinologicheskaya kharakteristika donnykh otlozhenii malykh ozer Pomorskogo berega Belogo morya (r-n pos. Sumposad) i Sumozerskoi ostrovnoi vozvysheynosti [Palynological characteristic of bottom sediments from the small lakes on the Pomorian coast of the White Sea (Sumposad area)]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii [Geology and mineral resources of Karelia]*. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2013. Iss. 16. P. 122–131.

Liivrand E. Metodicheskie problemy palinostratigrafii pleistotsena [Methodological problems of Pleistocene palynostratigraphy]. Tallinn: Valgus, 1990. 176 p.

Lukashov A. D., Ekman I. M. Degradatsiya poslednego oledeneniya i nekotorye osobennosti marginal'noi i ostrovnoi lednikovoi akumulatsii v Karelii [Degradation of the last glaciation and some features of marginal and island glacial accumulation in Karelia]. *Priroda i khozyaistvo Severa [Nature and economy of the North]*. Murmansk: Murmanskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1980. Iss. 7. P. 8–20.

Shelekhova T. S., Lavrova N. B. Novye dannye o migratsii beregovoi linii Belogo morya [New data on the White Sea shoreline migration]. *Uchenye zapiski PetrGU [Proceedings of PetrSU]*. 2011. No 2. P. 24–32.

Shelekhova T. S., Kol'ka V. V., Korsakova O. P. Diatomovye vodorosli v donnykh osadkakh ozer poberezh'ya Belogo morya (raion poselka Sumskii Posad, Kareliya, Rossiya) [Diatoms of lake bottom sediments on the White Sea coast]. *Materialy XIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii al'gologov «Diatomovye vodorosli: sovremennoe sostoyanie i perspektivy issledovaniia» (Kostroma, 24–29 avgusta 2013 g.) [Proceedings of the XIII international scientific algological conference «Diatoms: current state and research perspectives» (Kostroma, August 24–29, 2013)]*. Kostroma, 2013. P. 98–99.

Sheshina O. N. O stepeni skhodstva palino- i fitotseznozov i restavratsii paleofitotseznozov [On the degree of similarity of palyno- and phytocenoses and restoration of palaeophytocenoses]. *Vestnik MGU. Ser. geol. [Herald of MSU. Geological series]*. 1980. No 4. P. 85–89.

Slabunov A. I. Geologiya i geodinamika arkheiskikh podvizhnykh poyasov (na primere Belomorskoi provintsii Fennoskandinavskogo shchita) [Geology and geodynamics of Archean mobile belts (example from the Belomorian Province of the Fennoscandian Shield)]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2008. 296 p.

Subetto D. A., Shevchenko V. P., Ludikova A. V., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V., Lisitsin A. P., Evzerov V. Ya., van Beek P., Suo M., Subetto G. D. Khronologiya izolyatsii ozer Solovetskogo arhipelaga i skorosti sovremennogo ozernogo osadkonakopleniya [Chronology of isolation of the Solovetsky Archipelago Lakes and current rates of lake sedimentation]. *Doklady Akademii nauk [Proceedings of Academy of Sciences]*. 2012. Vol. 446, No 2. P. 183–190.

Ekman I., Iljin V. Deglaciation, the Younger Dryas end moraines and their correlation in the Karelian ASSR and adjacent areas. Eastern Fennoscandian Younger Dryas End Moraines: Excursion Guide. Eds. Rainio H., Saaristo M. Geological Survey of Finland: Espoo, 1991. P. 73–101.

Grimm E. G. TILIA 1.12, TILIA GRAPH 1.18. Illinois State Museum, Research & Collection Center, Springfield, Illinois. 1992. 56 p.

Komarek J., Jankovska V. Review of the green algal genus *Pediastrum*: implication for pollenanalytical

research. *Bibliotheca phycologica*. Band 108. Berlin; Stuttgart; Cramer, 2001. 127 p.

Lunkka J. P., Putkinen N., Miettinen A. Shoreline displacement in the Belomorsk area, NW Russia, during the Younger Dryas stadial. *Quaternary Science Reviews*. 2012. Vol. 37. P. 26–37.

Stokmarr J. Determination of spore concentration with in electronic particlecounter. Kobenhavn: Geological Survey of Denmark, 1972. P. 87–89.

Received February 04, 2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Колька Василий Васильевич

старший научный сотрудник, зав. лабораторией, к. г.-м. н.
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: kolka@geoksc.apatity.ru

Корсакова Ольга Павловна

старший научный сотрудник, к. г. н.
Геологический институт Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл.,
Россия, 184209
эл. почта: korsak@geoksc.apatity.ru

Лаврова Надежда Борисовна

научный сотрудник, к. б. н.
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: lavrova@krc.karelia.ru
тел.: 8921454545

CONTRIBUTORS:

Kolka, Vasili

Geological institute, Kola Science Centre,
Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: kolka@geoksc.apatity.ru

Korsakova, Olga

Geological institute, Kola Science Centre,
Russian Academy of Sciences
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: korsak@geoksc.apatity.ru

Lavrova, Nadezhda

Institute of Karelian Research Centre,
Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: lavrova@krc.karelia.ru
tel.: 8921454545

ХРОНИКА

СОВМЕСТНЫЙ РОССИЙСКО-ШВЕЙЦАРСКИЙ ПРОЕКТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЗИМНЕГО РЕЖИМА ЛАДОЖСКОГО И ОНЕЖСКОГО ОЗЕР

С марта 2015 г. начались международные междисциплинарные исследования по проекту «Ладожское озеро: жизнь подо льдом – взаимодействие процессов подо льдом в результате глобальных изменений». Выбор темы исследований обусловлен тем, что, как образно написано в работе Г. Б. Кирилина с соавторами, «мы знаем гораздо больше о тропических озерных экосистемах и даже о полярных озерах с постоянным ледяным покровом, чем о переносах вещества и энергии во время долгих зим в озерах умеренной зоны Евразии и Северной Америки». До настоящего времени исследования в зимнее время подо льдом в основном были сосредоточены на малых и средних озерах Северного полушария, в то же время подледный режим крупнейших озер мира изучен гораздо меньше. Главной причиной недостатка зимних наблюдений крупных озерных систем является практическая трудность организации полевых исследований со льда, который, как правило, имеет многочисленные трещины и полыньи. В последние 20 лет значительный интерес вызывают проблемы реакции озерных экосистем средних и высоких широт на глобальное потепление, более глубокого понимания роли озер с ледовым покровом в выбросах парниковых газов, в глобальном углеродном балансе. Таким образом, процессы подо льдом в крупных озерах мира по-прежнему остаются белым пятном современной лимнологии.

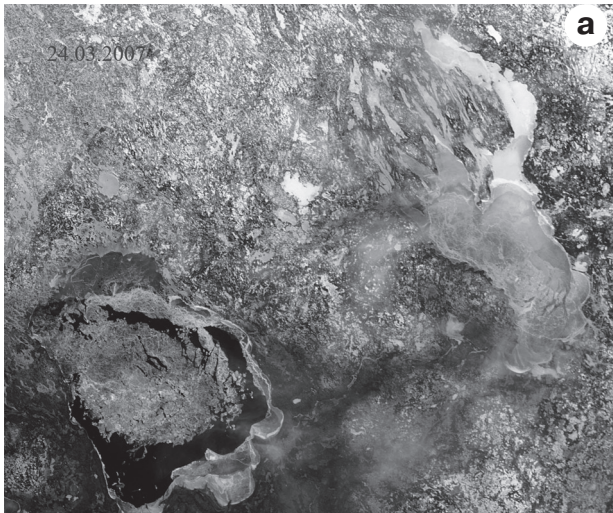
Ладожское и Онежское озера – единая система крупнейших озер Европы, источники питьевого водоснабжения Санкт-Петербурга, городов и поселков Республики Карелия (Петрозаводска, Сортавалы, Лахденпохья, Питкяранты, Ляскеля и др.), важная транспортная артерия, связывающая Арктику, Каспийское и Балтийское моря, уникальные объекты рекреации,

подвергающиеся существенному антропогенному воздействию и заметным климатическим изменениям. С 1970 года статус озер менялся от олиготрофного к мезотрофному. Максимальное развитие процесс эвтрофикации получил в 1980-е, когда в бассейне Ладоги функционировало более 600 предприятий. После 1992 г. резко снизилось поступление биогенных элементов, загрязняющих веществ от промышленности и сельского хозяйства, но озера возвращаются к олиготрофному состоянию довольно медленно.

Исследования по проекту были начаты благодаря поддержке фонда исследования Женевского озера – ELEMО (Швейцария, рук. Ф. Паульсен), который поддерживает проекты уникальных исследований озер Байкал, Женевского, а теперь – Ладожского и Онежского.

Фундаментальные научные проблемы: при рассмотрении зимнего режима великих озер Европы (продолжительность до 6 месяцев) не до конца изучены причины медленного восстановления экосистем озер при падении биогенной нагрузки, уменьшении сброса сточных вод; влияние чужеродных видов (вселенцев) и глобального потепления климата на экосистемы озер; оценка ассимиляционного потенциала, допустимой нагрузки для управления ресурсами озер на научной основе.

Практическая значимость исследований: необходимость сохранения и рационального использования ресурсов Ладожского и Онежского озер для экономики России (что отмечается в рекомендациях Совета Безопасности РФ от 20.11.2013 г. о разработке Закона об охране этих озер. Республика Карелия взяла на себя инициативу разработки этого законодательного акта совместно с Санкт-Петербургом и Ленинградской областью).



Ледовый покров озер для относительно холодного года (а – 24.03.2007) и для теплого года (б – 27.03.2015)

Концепция проекта состоит в том, чтобы в зимний период в ключевых (с научной и практической точек зрения) районах Ладожского и Онежского озер впервые организовать междисциплинарные комплексные натурные наблюдения за гидрофизическими и химико-биологическими параметрами столба воды, включая контактный слой «вода-лед», поверхностный слой воды (0–30 м) и собственно лед, а также определить структуру и функциональные характеристики сообществ гидробионтов в этих системах, оценить особенности формирования качества вод, пути распространения загрязненных вод; также предполагается рассмотреть влияние изменений климата на экосистемы озер.

Несмотря на то что в названии проекта указано только Ладожское озеро, в программе исследований предполагается изучение как Ладожского, так и Онежского озер, представляющих единую систему великих озер Европы. При организации работ по проекту в 2015 г. учитывалось, что ледовый покров в северной части Ладожского озера практически отсутствовал, в то время как на Онежском оказалось возможным организовать комплексные мультидисциплинарные исследования. По данным анализа длительных многолетних наблюдений ледяного покрова и анализа изменений климата и спутников наблюдений, полученных ИВПС КарНЦ РАН и ААНИИ, возможно формирование ледяного покрова в северной части Ладожского озера и, соответственно, проведение исследований по проекту зимой 2016 г.

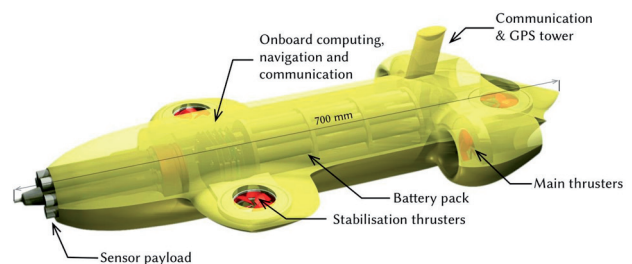
В семи подпроектах будут изучены процессы перемешивания, формирования качества вод, переноса и трансформации вещества, формирования донных отложений, особенностей

существования биоты, планируются климатические и палеоклиматические исследования с высоким разрешением. Данные будут использованы для решения как фундаментальных проблем функционирования экосистем озер, включая прогноз изменений под влиянием климата и антропогенной деятельности, так и практически важных задач формирования качества воды в разных районах озера.

Основные цели:

- Впервые будут комплексно изучаться гидрофизический, химико-биологический режим подо льдом, донные отложения, особенности палеоклимата, влияние современных изменений климата на водные системы и ответная реакция экосистем на внешние воздействия;
- на основе исследований планируется подготовить предложения для комплексных природоохранных мер, особое внимание предполагается уделить качеству вод и возможности использования их для питьевого водоснабжения.

В исследованиях будут применяться современные технологии и методы: управляемый многофункциональный зонд, дистанционные методы, гиперспектральная аппаратура. Полевые работы на Онежском и Ладожском озерах



Управляемый многофункциональный зонд

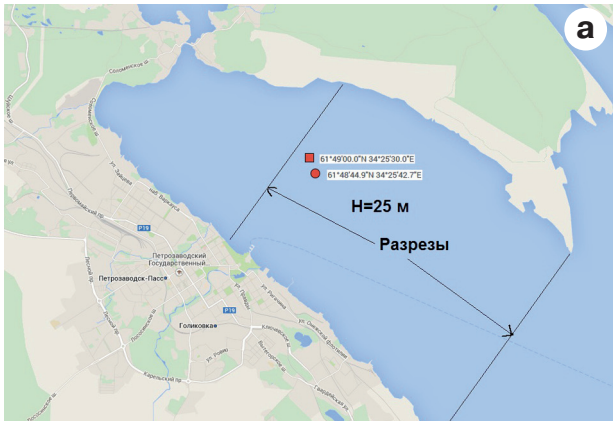


Схема полигона для измерений на Онежском озере в 2015 г. (а) и вид полевого лагеря (б)

планируется проводить как в зимний, так и в навигационный период 2015–2016 гг.

Для реализации программы исследований приглашены ведущие специалисты из научных учреждений разных стран мира.

От Швейцарии и стран ЕС будут представлены:

1. Высшая Политехническая Школа Лозанны (EPFL), Лозанна, Швейцария
2. Университет Женевы (UNIGE), Институт Фореля, Женева, Швейцария
3. Швейцарский федеральный институт водных наук и технологий (EAWAG), Дюбендорф, Швейцария
4. Университет Констанц, Констанц, Германия
5. Университет Уппсала, Уппсала, Швеция
6. Альпийский исследовательский центр озерных трофических цепей, INRA-Тонон-ле-Бен, Франция.

От России:

1. Институт водных проблем Севера (ИВПС) Карельского научного центра РАН, Петрозаводск
2. Институт озероведения (ИНОЗ) РАН, Санкт-Петербург
3. Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (АНИИ), Санкт-Петербург
4. Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена (Нансен-центр), Санкт-Петербург.

Более подробную информацию о проекте можно получить на сайте Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (<http://water.krc.karelia.ru>).

Н. Н. Филатов, А. Ю. Тержевик



Участники проекта перед началом работ (14.03.2015 г.)

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(требования к работам, представляемым к публикации
в «Трудах Карельского научного центра Российской академии наук», с 2015 г.)

«Труды Карельского научного центра Российской академии наук» (далее – Труды КарНЦ РАН) публикуют результаты завершённых оригинальных исследований в различных областях современной науки: теоретические и обзорные статьи, сообщения, материалы о научных мероприятиях (симпозиумах, конференциях и др.), персоналии (юбилеи и даты, потери науки), статьи по истории науки. Представляемые работы должны содержать новые, ранее не публиковавшиеся данные.

Статьи проходят обязательное рецензирование. Решение о публикации принимается редакционной коллегией серии или тематического выпуска Трудов КарНЦ РАН после рецензирования, с учётом научной значимости и актуальности представленных материалов. Редакционные серии и отдельных выпусков Трудов КарНЦ РАН оставляют за собой право возвращать без регистрации рукописи, не отвечающие настоящим правилам.

При получении редакцией рукопись регистрируется (в случае выполнения авторами основных правил её оформления) и направляется на отзыв рецензентам. Отзыв состоит из ответов на типовые вопросы анкеты и может содержать дополнительные расширенные комментарии. Кроме того, рецензент может вносить замечания и правки в текст рукописи. Авторам высылаются электронная версия анкеты и комментарии рецензентов. Доработанный экземпляр автор должен вернуть в редакцию вместе с первоначальным экземпляром и ответом на все вопросы рецензента не позднее чем через месяц после получения рецензии. Перед опубликованием авторам высылаются распечатанная версия статьи, которая вычитывается, подписывается авторами и возвращается в редакцию.

Журнал имеет полноценную электронную версию на базе Open Journal System (OJS), позволяющую перевести предоставление и редактирование рукописи, общение автора с редколлегией серий и рецензентами в электронный формат и обеспечивающую прозрачность процесса рецензирования при сохранении анонимности рецензентов (<http://journals.krc.karelia.ru/>).

Редакционный совет журнала «Труды Карельского научного центра РАН» (Труды КарНЦ РАН) определил для себя в качестве одного из приоритетов полную открытость издания. Это означает, что пользователям на условиях свободного доступа разрешается: читать, скачивать, копировать, распространять, печатать, искать или находить полные тексты статей журнала по ссылке без предварительного разрешения от издателя и автора. Учредители журнала берут на себя все расходы по редакционно-издательской подготовке статей и их опубликованию.

Содержание номеров Трудов КарНЦ РАН, аннотации и полнотекстовые электронные варианты статей, а также другая полезная информация, включая настоящие Правила, доступны на сайтах – <http://transactions.krc.karelia.ru>; <http://journals.krc.karelia.ru>

Почтовый адрес редакции: 185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, КарНЦ РАН, редакция Трудов КарНЦ РАН. Телефон: (8142) 762018.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ

Статьи публикуются на русском или английском языке. Рукописи должны быть тщательно выверены и отредактированы авторами.

Объём рукописи (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам, рисунки) не должен превышать: для обзорных статей – 30 страниц, для оригинальных – 25, для сообщений – 15, для хроники и рецензий – 5–6. Объём рисунков не должен превышать 1/4 объёма статьи. Рукописи большего объёма (в исключительных случаях) принимаются при достаточном обосновании по согласованию с ответственным редактором.

При оформлении рукописи применяется полуторный межстрочный интервал, шрифт Times New Roman, кегль 12, выравнивание по обоим краям. Размер полей страницы – 2,5 см со всех сторон. Все страницы, включая список литературы и подписи к рисункам, должны иметь сплошную нумерацию в нижнем правом углу. Страницы с рисунками не нумеруются.

Рукописи подаются в электронном виде в формате MS Word на сайте <http://journals.krc.karelia.ru> либо на e-mail: trudy@krc.karelia.ru, или же представляются в редакцию лично (г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, каб. 502). К рукописи желательно прилагать два бумажных экземпляра, напечатанных на одной стороне листа формата А4 в одну колонку.

ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТЕЙ СТАТЬИ

Элементы статьи должны располагаться в следующем порядке: *УДК* курсивом на первой странице, в левом верхнем углу; заглавие статьи на русском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; инициалы, фамилии всех авторов на русском языке полужирным шрифтом; полное название организации – места работы каждого автора в именительном падеже на русском языке курсивом (если авторов несколько и работают они в разных учреждениях, следует отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно); аннотация на русском языке; ключевые слова на русском языке; инициалы, фамилии всех авторов на английском языке полужирным шрифтом; название статьи на английском языке заглавными буквами полужирным шрифтом; аннотация на английском языке; ключевые слова на английском языке; текст статьи (статья экспериментального характера, как правило, должны иметь разделы: **Введение. Материалы и методы. Результаты и обсуждение. Выводы** либо **Заключение**); благодарности и указание источников финансирования выполненных исследований; списки литературы: с библиографическими описаниями на языке и алфавите оригинала (**Литература**) и транслитерированный в латиницу с переводом названий русскоязычных источников на английский язык (**References**); таблицы (на отдельных листах); рисунки (на отдельных листах); подписи к рисункам (на отдельном листе).

На отдельном листе дополнительные сведения об авторах: фамилии, имена, отчества всех авторов полностью на русском и английском языке; полный почтовый адрес каждой организации (страна, город) на русском и английском языке; должности, научные звания, ученые степени авторов; адрес электронной почты для каждого автора; телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

ЗАГЛАВИЕ СТАТЬИ должно точно отражать содержание статьи* и состоять из 8–10 значимых слов.

АННОТАЦИЯ** должна быть лишена вводных фраз, создавать возможно полное представление о содержании статьи и иметь объем не менее 200 слов. Рукопись с недостаточно раскрывающей содержание аннотацией может быть отклонена.

Отдельной строкой приводится перечень КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ (не менее 5). Ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой, в конце фразы ставится точка. Слова, фигурирующие в заголовке статьи, ключевыми являться не могут.

Раздел «Материалы и методы» должен содержать сведения об объекте исследования с обязательным указанием латинских названий и сводок, по которым они приводятся, авторов классификаций и пр. Транскрипция географических названий должна соответствовать атласу последнего года издания. Единицы физических величин приводятся по Международной системе СИ. Желательна статистическая обработка всех количественных данных. Необходимо возможно точнее обозначать местонахождения (в идеале – с точным указанием географических координат).

Изложение результатов должно заключаться не в пересказе содержания таблиц и графиков, а в выявлении следующих из них закономерностей. Автор должен сравнить полученную им информацию с имеющейся в литературе и показать, в чем заключается ее новизна. Следует ссылаться на табличный и иллюстративный материал так: на рисунки, фотографии и таблицы в тексте (рис. 1, рис. 2, табл. 1, табл. 2 и т. д.), фотографии, помещаемые на вклейках (рис. I, рис. II). Обсуждение завершается формулировкой в разделе «Заключение» основного вывода, которая должна содержать конкретный ответ на вопрос, поставленный во «Введении». Ссылки на литературу в тексте даются фамилиями, например: Карху, 1990 (один автор); Раменская, Андреева, 1982 (два автора); Крутов и др., 2008 (три автора или более) либо начальным словом описания источника, приведенного в списке литературы, и заключаются в квадратные скобки. При перечислении нескольких источников работы располагаются в хронологическом порядке, например: [Иванов, Топоров, 1965; Успенский, 1982; Erwin et al., 1989; Атлас..., 1994; Longman, 2001].

ТАБЛИЦЫ нумеруются в порядке упоминания их в тексте, каждая таблица имеет свой заголовок. На полях бумажного экземпляра рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте. Диаграммы и графики не должны дублировать таблицы. Материал таблиц должен быть понятен без дополнительного обращения к тексту. Все сокращения, использованные в таблице, поясняются в Примечании, расположенном под ней. При повторении цифр в столбцах нужно их повторять, при повторении слов – в столбцах ставить кавычки. Таблицы могут быть книжной или альбомной ориентации (при соблюдении вышеуказанных параметров страницы).

РИСУНКИ представляются отдельными файлами с расширением TIF (* .TIF) или JPG. При первичной подаче материала в редакцию рисунки вставляются в общий текстовый файл. При сдаче материала, принятого в печать, все рисунки из текста статьи должны быть убраны и представлены в виде отдельных файлов в вышеуказанном формате. Графические материалы должны быть снабжены распечатками с указа-

* Названия видов приводятся на латинском языке КУРСИВОМ, в скобках указываются высшие таксоны (семейства), к которым относятся объекты исследования.

** Обращаем внимание авторов, что в связи с подготовкой журнала к включению в международные базы данных библиографических описаний и научного цитирования расширенная аннотация на английском языке, а также транслитерированный в латиницу список использованной литературы приобретают особое значение.

нием желательного размера рисунка, пожеланий и требований к конкретным иллюстрациям. На каждый рисунок должна быть как минимум одна ссылка в тексте. Иллюстрации объектов, исследованных с помощью фотосъемки, микроскопа (оптического, электронного трансмиссионного и сканирующего), должны сопровождаться масштабными линейками, причем в подрисуночных подписях надо указать длину линейки. Приводить данные о кратности увеличения необязательно, поскольку при публикации рисунков размеры изменятся. Крупномасштабные карты желательно приводить с координатной сеткой, обозначениями населенных пунктов и/или названиями физико-географических объектов и разной фактурой для воды и суши. В углу карты желательна врезка с мелкомасштабной картой, где был бы указан участок, увеличенный в крупном масштабе в виде основной карты.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ должны содержать достаточно полную информацию, для того чтобы приводимые данные могли быть понятны без обращения к тексту (если эта информация уже не дана в другой иллюстрации). Аббревиации расшифровываются в подрисуночных подписях.

ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ. В расширенных латинских названиях таксонов не ставится запятая между фамилией авторов и годом, чтобы была понятна разница между полным названием таксона и ссылкой на публикацию в списке литературы. Названия таксонов рода и вида печатаются курсивом. Вписывать латинские названия в текст от руки недопустимо. Для флористических, фаунистических и таксономических работ при первом упоминании в тексте и таблицах приводится русское название вида (если такое название имеется) и полностью – латинское, с автором и желательно с годом, например: водяной ослик (*Asellus aquaticus* (L. 1758)). В дальнейшем можно употреблять только русское название или сокращенное латинское без фамилии автора и года опубликования, например, для брюхоногого моллюска *Margarites groenlandicits* (Gmelin 1790) – *M. groenlandicus* или для подвида *M. g. umbilicalis*.

СОКРАЩЕНИЯ. Разрешаются лишь общепринятые сокращения – названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

БЛАГОДАРНОСТИ. В этой рубрике выражается признательность частным лицам, сотрудникам учреждений и фондам, оказавшим содействие в проведении исследований и подготовке статьи, а также указываются источники финансирования работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. Пристатейные ссылки и/или списки пристатейной литературы следует оформлять по ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления (http://www.bookchamber.ru/GOST_P_7.0.5.-2008). Список работ представляется в алфавитном порядке. Все ссылки даются на языке оригинала (названия на японском, китайском и других языках, использующих нелатинский шрифт, пишутся в русской транскрипции). Сначала приводится список работ на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем – работы на языках с латинским алфавитом. В списке литературы между инициалами ставится пробел.

ТРАНСЛИТЕРИРОВАННЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (References). Приводится отдельным списком, повторяя все позиции основного списка литературы. Описания русскоязычных работ указываются в латинской транслитерации, рядом в квадратных скобках помещается их перевод на английский язык. Выходные данные приводятся на английском языке (допускается транслитерация названия издательства). При наличии переводной версии источника можно указать его библиографическое описание вместо транслитерированного. Библиографические описания прочих работ приводятся на языке оригинала. Для составления списка рекомендуется использование бесплатной программы транслитерации на сайте <http://translit.ru/>, вариант BCI.

Внимание! С 2015 года каждой статье, публикуемой в «Трудах Карельского научного центра РАН», редакцией присваивается уникальный идентификационный номер цифрового объекта (DOI) и статья включается в базу данных CrossRef. **Обязательным условием является указание в списках литературы DOI для тех работ, у которых он есть.**

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ 1-Й СТРАНИЦЫ

УДК 631.53.027.32:635.63

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ПРЕДПОСЕВНОГО ЗАКАЛИВАНИЯ СЕМЯН НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА

Е. Г. Шерудило¹, М. И. Сысоева¹, Г. Н. Алексейчук², Е. Ф. Марковская¹

¹Институт биологии Карельского научного центра РАН

²Институт экспериментальной ботаники НАН Республики Беларусь им. В. Ф. Купревича

Аннотация на русском языке

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., кратковременное снижение температуры, устойчивость.

E. G. Sherudilo, M. I. Sysoeva, G. N. Alekseichuk, E. F. Markovskaya. EFFECTS OF DIFFERENT REGIMES OF SEED HARDENING ON COLD RESISTANCE IN CUCUMBER PLANTS

Аннотация на английском языке

Key words: *Cucumis sativus* L., temperature drop, resistance.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ

Таблица 2. Частота встречаемости видов нематод в исследованных биотопах

Биотоп (площадка)	Кол-во видов	Встречаемость видов нематод в 5 повторностях				
		100 %	80 %	60 %	40 %	20 %
1Н	26	8	4	1	5	8
2Н	13	2	1	1	0	9
3Н	34	13	6	3	6	6
4Н	28	10	5	2	2	9
5Н	37	4	10	4	7	12

Примечание. Здесь и в табл. 3–4: биотоп 1Н – территория, заливаемая в сильные приливы; 2Н – постоянно заливаемый луг; 3Н – редко заливаемый луг; 4Н – незаливаемая территория; 5Н – периодически заливаемый луг.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ПОДПИСИ К РИСУНКУ

Рис. 1. Северный точильщик (*Hadrobregmus confuses* Kraaz.)

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на книги

Вольф Г. Н. Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии / Ред. Г. Снатцке. М.: Мир, 1970. С. 348–350.

Патрушев Л. И. Экспрессия генов. М.: Наука, 2000. 830 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

B References:

Vol'f G. N. Dispersiya opticheskogo vrashheniya i krugovoj dikhroizm v organicheskoy khimii [Optical rotatory dispersion and circular dichroism in Organic Chemistry]. Ed. G. Snattske. Moscow: Mir, 1970. P. 348–350.

Patrushev L. I. Ekspressiya genov [Gene expression]. Moscow: Nauka, 2000. 830 p.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques. Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y., San Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Ссылки на статьи

Викторов Г. А. Межвидовая конкуренция и сосуществование экологических гомологов у паразитических перепончатокрылых // Журн. общ. биол. 1970. Т. 31, № 2. С. 247–255.

Grove D. J., Loisesides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, No 4. P. 507–516.

Noctor G., Queval G., Mhamdi A., Chaouch A., Foyer C. H. Glutathione // Arabidopsis Book. American Society of plant Biologists, Rockville, MD. 2011. doi:10.1199/tab.0142.

B References:

Viktorov G. A. Mezvidovaya konkurentsiya i sosushhestvovanie ehkologicheskikh gomologov u paraziticheskikh pereponchatokrylykh [Interspecific competition and coexistence ecological homologues in parasitic Hymenoptera]. Zhurn. obshh. biol. 1970. Vol. 31, No 2. P. 247–255.

Grove D. J., Loisesides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri*. J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, No 4. P. 507–516.

Noctor G., Queval G., Mhamdi A., Chaouch A., Foyer C. H. Glutathione. Arabidopsis Book. American Society of plant Biologists, Rockville, MD. 2011. doi:10.1199/tab.0142.

Ссылки на материалы конференций

Марьинских Д. М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11–12 сент. 2000 г.). Новосибирск, 2000. С. 125–128.

B References:

Mar'inskikh D. M. Razrabotka landshaftnogo plana kak neobkhodimoe uslovie ustoichivogo razvitiya goroda (na primere Tyumeni) [Landscape planning as a necessary condition for sustainable development of a city (example of Tyumen)]. *Ekologiya landshafta i planirovanie zemlepol'zovaniya: tezisy dokl. Vseros. konf. (Irkutsk, 11–12 sent. 2000 g.)* [Landscape ecology and land-use planning: abstracts of all-Russian conference (Irkutsk, Sept. 11–12, 2000)]. Novosibirsk, 2000. P. 125–128.

Ссылки на диссертации или авторефераты диссертаций

Шефтель Б. И. Экологические аспекты пространственно-временных межвидовых взаимоотношений землероек Средней Сибири: дис. ... канд. биол. наук. М., 1985. С. 21–46.

B References:

Sheftel' B. I. *Ekologicheskie aspekty prostranstvenno-vremennykh mezhhvidovykh vzaimootnoshenii zemlerоек Srednei Sibiri* [Ecological aspects of spatio-temporal interspecies relations of shrews of Middle Siberia]: dis. ... kand. biol. nauk [PhD Diss. (Biol.)]. Moscow, 1985. P. 21–46.

Ссылки на патенты

Патент РФ № 2000130511/28.04.12.2000.

Еськов Д. Н., Серегин А. Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

B References:

Patent RF № 2000130511/28. 04.12.2000 [Russian patent No 2000130511/28. December 4, 2000].

Es'kov D. N., Seregin A. G. *Optiko-elektronnyi apparat* [Optoelectronic apparatus]. Patent Rossii № 2122745 [Russian patent No 2122745]. 1998. Bulletin No 33.

Ссылки на архивные материалы

Гребенщиков Я. П. К небольшому курсу по библиографии: материалы и заметки, 26 февр. – 10 марта 1924 г. // ОР РНБ. Ф. 41. Ед. хр. 45. Л. 1–10.

B References:

Grebenshchikov Ya. P. *K nebol'shomu kursu po bibliografii: materialy i zametki, 26 fevr. – 10 marta 1924 g.* [Brief course on bibliography: the materials and notes, Febr. 26 – March 10, 1924]. OR RNB. F. 41. St. un. 45. L. 1–10.

Ссылки на интернет-ресурсы

Паринов С. И., Ляпунов В. М., Пузырев Р. Л. Система Соционет как платформа для разработки научных информационных ресурсов и онлайн-сервисов // Электрон. б-ки. 2003. Т. 6, вып. 1. URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (дата обращения: 25.11.2006).

Демография. Официальная статистика / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 25.12.2015).

B References:

Parinov S. I., Lyapunov V. M., Puzyrev R. L. *Sistema Sotsionet kak platforma dlya razrabotki nauchnykh informatsionnykh resursov i onlainovykh servisov* [Socionet as a platform for development of scientific information resources and online services]. *Elektron. b-ki [Digital library]*. 2003. Vol. 6, iss. 1. URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2003/part1/PLP/> (accessed: 25.11.2006).

Demografija. *Oficial'naja statistika* [Demography. Official statistics]. *Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki* [Federal state statistics service]. URL: <http://www.gks.ru/> (accessed: 25.12.2015).

Ссылки на электронные ресурсы на CD-ROM

Государственная Дума, 1999–2003 [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия / Аппарат Гос. Думы Федер. Собрания Рос. Федерации. М., 2004. 1 CD-ROM.

B References:

Gosudarstvennaya Duma, 1999–2003 [State Duma, 1999–2003]. Electronic encyclopedia. The office of the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation. Moscow, 2004. 1 CD-ROM.

TABLE OF CONTENTS

EDITORIAL	3
PROBLEMS OF PALAEO LIMNOLOGY OF NORTHERN EURASIA	
L. A. Frolova, A. G. Ibragimova. CLADOCERA REMAINS FROM SEDIMENTS OF KILOMETROVOE AND KOTOVO LAKES, KHARBAY SYSTEM (BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA)	5
V. V. Plotnikov, A. V. Protopopov, A. I. Klimovskii. RECONSTRUCTION OF THE PALEOENVIRONMENT AT THE SELLYAKH SITE, YANO-INDIGIRKA LOWLAND, YAKUTIA	18
S. B. Nikolaeva, N. B. Lavrova, D. S. Tolstobrov, D. B. Denisov. RECONSTRUCTIONS OF HOLOCENE PALEOGEOGRAPHIC CONDITIONS IN THE LAKE IMANDRA AREA (KOLA REGION): RESULTS OF PALAEO LIMNOLOGICAL STUDIES	34
I. M. Grekov, D. A. Subetto. APPLICATION OF THE PALAEOGEOGRAPHIC DATABASE ON THE KOLA PENINSULA «Q-KOLA» IN PALAEO LIMNOLOGICAL RESEARCH	48
L. S. Syrykh, L. B. Nazarova, D. A. Subetto. PRELIMINARY DATA ON CLIMATE DEVELOPMENT IN THE TERRITORY OF THE KARELIAN ISTHMUS IN THE HOLOCENE BASED ON THE RESULTS OF CHIRONOMID AND LITHOLOGICAL ANALYSIS	53
T. V. Sapelko, V. V. Kolka, V. Ya. Yevzerov. PALEOENVIRONMENTAL CHANGES AND THE DEVELOPMENT OF LAKES IN THE LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE ON THE KOLA PENINSULA SOUTHERN COAST (NEAR THE VILLAGE OF UMBA)	60
V. V. Kolka, O. P. Korsakova, N. B. Lavrova. THE PALEOGEOGRAPHIC SETTINGS FOR BOTTOM SEDIMENT FORMATION IN SMALL LAKE DEPRESSIONS ON THE POMOR COAST OF THE WHITE SEA	70
CHRONICLE	
N. N. Filatov, A. Yu. Terzhevnik. RUSSIAN-SWISS JOINT PROJECT ON THE STUDY OF LAKES LADOGA AND ONEGA WINTER CONDITIONS	86
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS	89

Научное издание

**Труды Карельского научного центра
Российской академии наук**
№ 5, 2015

Серия ЛИМНОЛОГИЯ

*Печатается по решению
Президиума Карельского научного центра РАН*

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-48848 от 02.03.2012 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Редактор А. И. Мокеева
Оригинал-макет Г. О. Предтеченский

Подписано в печать 25.05.2015. Формат 60x84¹/₈.
Гарнитура Pragmatica. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 10,4. Усл. печ. л. 11,16.
Тираж 500 экз. заказ 279.

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50