

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПРЕДГОРЬЯХ ХИБИН, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, НА ПРОТЯЖЕНИИ ГОЛОЦЕНА

Б.П. Ильяшук, Е.А. Ильяшук, Д. Хаммарлунд

Введение

Принимая во внимание сценарии изменения климата, предлагаемые различными научными школами в контексте прогнозируемого глобального потепления климата, вероятно в ближайшие десятилетия следует ожидать в большей или меньшей мере заметных климатических изменений и связанных с этим изменений природной среды [Менжулин, 2002]. Ожидается, что эти изменения будут наиболее существенны в северных регионах, где они традиционно имеют более значимый диапазон, чем в более низких широтах. В связи с этим, для северных регионов страны, включая Кольский Север, при долгосрочном планировании здесь хозяйственной деятельности уже в настоящее время одной из актуальных задач становится принятие во внимание ожидаемых изменений.

Прочным научным фундаментом для формирования прогнозов по ожидаемым изменениям климата и природной среды в каждом конкретном регионе могут и должны служить детальные знания о прошлом этого региона. В связи с этим, в современной науке отмечается тенденция интенсификации исследований, связанных с изучением долговременных изменений климата и природной среды северных регионов в историческом и геологическом прошлом. При решении подобного рода палеоклиматологических и палеоэкологических задач большое внимание в исследованиях уделяется изучению донных отложений озер, которые представляют собой уникальные природные «архивы» накопленной информации об изменении окружающей среды в прошлом. Для палеореконструкций широко используется физическая, химическая и биологическая информация, сохранившаяся в донных отложениях водоемов [Last, Smol, 2001a,б; Smol, Birks, Last, 2001]. Расшифровка такой «архивной» информации есть один из оптимальных путей получения долговременных рядов палеоклиматических и палеоэкологических данных [Battarbee, 2000]. В качестве элементов биологической информации, сохранившейся в донных отложениях озер, используются остатки различных представителей флоры и фауны [Smol, Birks, Last, 2001;

Battarbee, 2001; Кордэ, 1956]. Для изучения палеоклимата, наряду с традиционными биостратиграфическими объектами, такими как пыльца, диатомовые водоросли, в последние десятилетия все чаще используются остатки хирономид [Walker, 1995; Ильяшук, Ильяшук, 2004].

Хирономиды (Diptera: Chironomidae) представляют собой сравнительно богатое видами (>5000 видов) семейство двукрылых насекомых, личинки которых распространены повсеместно в континентальных водоемах обоих полушарий [Макарченко, Макарченко, 1999]. Экзувии, образующиеся после каждой линьки личинок хирономид, накапливаются в донных отложениях, где, за исключением сильно хитинизированных головных капсул, происходит их разрушение. Головные капсулы личинок хирономид хорошо сохраняются в донных отложениях, и их высокое обилие отмечается даже в относительно малых образцах донных отложений [Hofmann, 1988]. Благодаря этому имеется возможность по остаткам реконструировать изменения комплексов хирономид в прошлом. Знание биологии отдельных таксонов хирономид и их экологических оптимумов по отношению к различным параметрам водной среды (концентрация биогенных элементов и кислорода, уровень солености) позволяет в дальнейшем на основе результатов анализа структуры комплексов осуществлять реконструкцию природной среды [Ильяшук, Ильяшук, 2004; Walker, 2001; Porinchu, MacDonald, 2003]. Кроме этого, хирономиды зависят от температуры, как водной, так и воздушной среды. Последняя оказывает прямое влияние на процессы вылета, роя и расселения имаго, определяя успех колонизации ими новых мест обитания, или опосредованное, через регуляцию продолжительности ледостава, стратификацию и кислородный режим водоемов. Было показано, что статистическая связь структуры комплексов хирономид со средней температурой воздуха в июле даже сильнее, чем с температурой воды [Olander, et al., 1999]. На этом основании в ряде регионов были разработаны палеоэкологические модели, позволяющие на основе результатов хирономидного анализа донных отложений озер

осуществлять количественную реконструкцию средней температуры воздуха в июле [Walker, Swynar, 2006; Brooks, 2006].

Хотя наиболее ранние находки остатков хирономид датируются юрским периодом мезозойской эры [Калугина, 1974, 1977], только в озерных отложениях последнего межледникового, позднего и послеледниковых периодов последнего оледенения они впервые становятся многочисленными [Hofmann, 1988; Francis et al., 2006; Pyashuk et al., 2006]. Это позволяет рассматривать ископаемые комплексы, начиная с последнего межледникового, как репрезентативно отражающие существовавшую в то время фауну хирономид.

На сегодня для Кольского Севера имеются крайне ограниченные данные о диапазонах изменения параметров климата и природной среды на протяжении последних тысячелетий. Поэтому целью нашего исследования было на основе стратиграфического анализа комплексов хирономид реконструировать изменения климата и природной среды на протяжении голоцена в центральной части Кольского региона, а так же провести сравнительный анализ результатов реконструкции с аналогичными результатами, полученными нами ранее для южной части региона [Pyashuk et al., 2005].

Район исследования

Для достижения поставленной цели в центральной части Кольского полуострова (67°39' с.ш. и 33°38' в.д.) было выбрано небольшое (2 га) оз. Купальное, расположенное вблизи верхней границы лесотундровой зоны в предгорьях Хибин на абсолютной высоте 352 м в депрессии оз. Малый Вудъявр (рис. 1). Озеро Купальное представляет собой бессточный водоем, питание которого осуществляется преимущественно за счет атмосферных осадков. Вода в озере имеет слабощелочную реакцию (рН=6.0), и значительную часть площади дна водоема, вплоть до максимальной глубины (4.8 м), занимают заросли водного мха *Warnstorfia exannulata* (B.S.G.) Loeske.

В депрессии оз. Малый Вудъявр отмечается своеобразное явление Хибин – долинная тундра в пределах лесного пояса. Причина существования здесь такой ландшафтной аномалии заключается в климатических и литологических особенностях данного участка – в сильных ветрах из долины р. Кукисийок, в температурных инверсиях в котловине озера, в бедности и особом режиме увлажнения почвы [Мягков, 1986]. Однако, на протяжении последних десятилетий котловина озера зарастает березняком, тундровые комплексы становятся лесотундровыми, а лесотундровые

– лесными [Мягков, 1986]. Это, очевидно, связано с регистрируемым потеплением климата в Кольском регионе на протяжении последних десятилетий [Давыдов, 2001; Назарова, 2005] и сопутствующим продвижением вверх границы леса в Хибинских горах [Kremenetski, Vaschalova, Sulerzhitsky, 1999].

Климат на Кольском полуострове, как и во всей западной части Баренцево-Беломорского региона, формируется под влиянием Гольфстрима. Согласно инструментальным наблюдениям, выполненным в период 1930–1960 гг. на метеостанции Апатитовая Гора, расположенной на абсолютной высоте 360 м в 4 км на северо-восток от оз. Купального, среднегодовая температура воздуха в изучаемом районе предгорий Хибин составляет -1.1°C [Терзиев, 1965] при 540 мм среднегодового количества атмосферных осадков [Мягков, 1986]. Средняя температура наиболее холодного месяца (февраль) составляет -11.6°C при 72 мм среднемесечного количества осадков, средняя температура наиболее теплого месяца (июль) составляет $+12.5^{\circ}\text{C}$ при 78 мм среднемесечного количества атмосферных осадков. При расчете средних значений температуры воздуха в июле по многолетним рядам наблюдений метеостанций Кольского полуострова величина среднеквадратического отклонения находится в диапазоне $1.6\text{--}2.6^{\circ}\text{C}$ [Кобышева, 1988]. Учитывая наличие в районе исследования ландшафтной аномалии, описанной выше, и расположение озера вблизи верхней границы лесотундровой зоны, которая в северных регионах обычно соответствует средней температуре воздуха в июле (T_{VII}) около $+10^{\circ}\text{C}$, можно предполагать, что T_{VII} на водосборной территории оз. Купального на $\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ ниже регистрируемой на метеостанции Апатитовая Гора, и составляет около $+10.5^{\circ}\text{C}$.

Методы исследования

Из наиболее глубоководной зоны оз. Купального с использованием пробоотборника, разработанного Институтом торфа СССР («русский пробоотборник»), с длиной трубки 1 м и внутренним диаметром 6.5 см была отобрана колонка донных отложений. Наиболее верхние неконсолидированные слои донных отложений были отобраны пробоотборником гравитационного типа. Полученная последовательность донных отложений общей длиной 131 см была разделена на 62 пробы через каждые ~ 2 см по вертикали. Все пробы были помещены в пластиковые контейнеры и отправлены в лабораторию, где они хранились при температуре $+4^{\circ}\text{C}$ для последующих анализов.

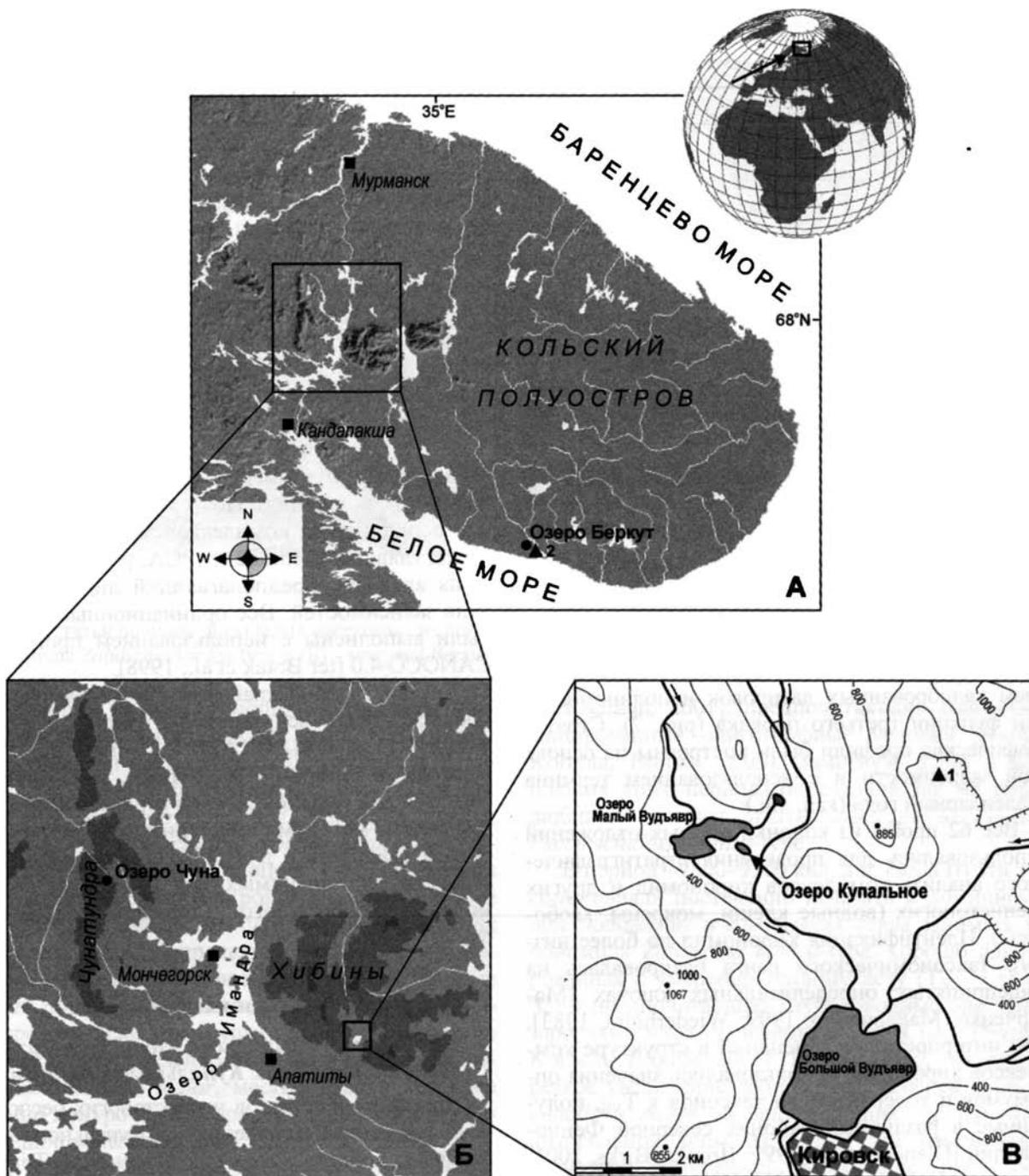


Рис. 1. Карты-схемы Кольского полуострова (А), его западно-центральной части (Б), и района исследований (В); треугольниками показано расположение метеорологических станций: 1 – Апатитовая Гора, 2 – Кузомень.

Корреляция между отобранными 1-метровыми сегментами донных отложений выполнялась на основе результатов литостратиграфического описания их в полевых условиях и на основе лабораторного анализа потерь при прокаливании, как косвенного показателя содержания органического вещества в пробах донных отложений [Heiri, Lotter, Lemcke, 2001].

Валовые образцы донных отложений и отдельные растительные макроостатки, обнаруженные в донных осадках, были использованы для радиоуглеродного датирования с помощью атомного масс-спектрометра с ускорителем (AMS) в радиоуглеродной лаборатории университета г. Лунд. Всего было получено пять AMS радиоуглеродных датировок для разреза донных отложений, которые

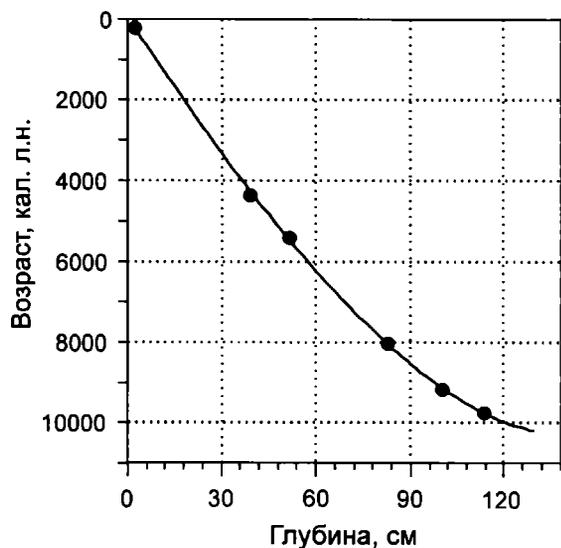


Рис. 2. Модель зависимости возраста от глубины донных отложений оз. Купального.

впоследствии были калиброваны с использованием программы OxCal 3.5 [Bronk Ramsey, 2000; Stuiver et al., 1998]. Зависимость возраста донных отложений от их глубины, или так называемая «модель возраста» была получена с использованием калиброванных датировок и полиномиальной функции третьего порядка (рис. 2). Стратиграфические профили были построены на основе этой зависимости и с использованием термина «календарный год» (кал. л.н.).

Все 62 пробы из колонки донных отложений использовались для проведения стратиграфического анализа комплексов хирономид и других членистоногих (водные клещи, мокрецы, хаборусы). Идентификация хирономид до более низкого таксономического ранга базировалась на общепринятых определительных ключах [Макарченко, Макарченко, 1999; Wiederholm, 1983]. При интерпретации изменений в структуре комплексов хирономид использовались значения оптимумов и толерантности таксонов к T_{VII} , полученные в различных районах северной Фенноскандии [Olander et al., 1999; Brooks, Birks, 2001; Larocque, Hall, Grahn, 2001]. Количественная реконструкция T_{VII} была выполнена на основе результатов стратиграфического анализа комплексов хирономид в оз. Купальном и с использованием палеоэкологической модели зависимости структуры комплексов хирономид от T_{VII} , полученной для северной Фенноскандии [Larocque, Hall, Grahn, 2001]. Для сглаживания первичных результатов реконструкции T_{VII} и идентификации основного тренда использовался метод сглаживания при помощи взвешенной локальной квадратичной регрессии (LOESS), который наи-

более адекватен для временных рядов данных [Cleveland, Grosse, Shyu, 1993]. LOESS сглаживание выполнялось при размахе 0.20, т.е. по соседним точкам, количество которых составляло 20% от общего числа всех точек. Более детально методология проведения хирономидного анализа и последующих количественных палеотемпературных реконструкций была описана ранее [Ильяшук, Ильяшук, 2004; Pyashuk et al., 2005].

Для интегрированной оценки тренда изменений структуры комплексов хирономид во времени, первоначально был выполнен непрямой ординационный анализ методом оценки соответствия на основе данных с исключённым трендом (DCA, detrended correspondence analysis). Результаты этого анализа показали, что длина первой DCA оси составляет менее суммы величин трех стандартных отклонений (2.07 единицы стандартного отклонения). Поэтому на завершающем этапе ординации комплексов был использован метод главных компонент (PCA, principal components analysis), предполагающий линейную модель зависимостей. Все ординационные анализы были выполнены с использованием программы CANOCO 4.0 [ter Braak et al., 1998].

Для построения диаграмм стратиграфических профилей были использованы пакеты программ TILIA 1.11 и TILIAGRAPH 2.20 [Grimm, 1991]. Программа Psimpoll 4.10 [Bennett, 2002] использовалась для выделения зон в стратиграфических профилях методом кластеризации на основе суммы квадратов и для определения количества статистически значимых зон ($p < 0.05$) на основе модели разломанного стержня (broken-stick model) [Bennett, 1996].

Результаты и их обсуждение

Изменения комплексов членистоногих беспозвоночных оз. Купального в голоцене

При анализе остатков членистоногих беспозвоночных в донных отложениях оз. Купального были отмечены головные капсулы хирономид (Diptera: Chironomidae) и мокрецов (Diptera: Ceratopogonidae), мандибулы хаборусов (Diptera: Chaoboridae), и экзоскелеты водных клещей (Chelicerata: Acariformes) (рис. 3). Все найденные остатки, среди которых наиболее многочисленными были остатки хирономид и водных клещей, принадлежали таксонам членистоногих, которые являются обычными для олиготрофных озер Фенноскандии.

Наибольшим разнообразием характеризовалась фауна хирономид, которая включала 31 таксон из четырех подсемейств: Orthoclaadiinae, Tanypodinae и Chironominae (трибы Chironomini,

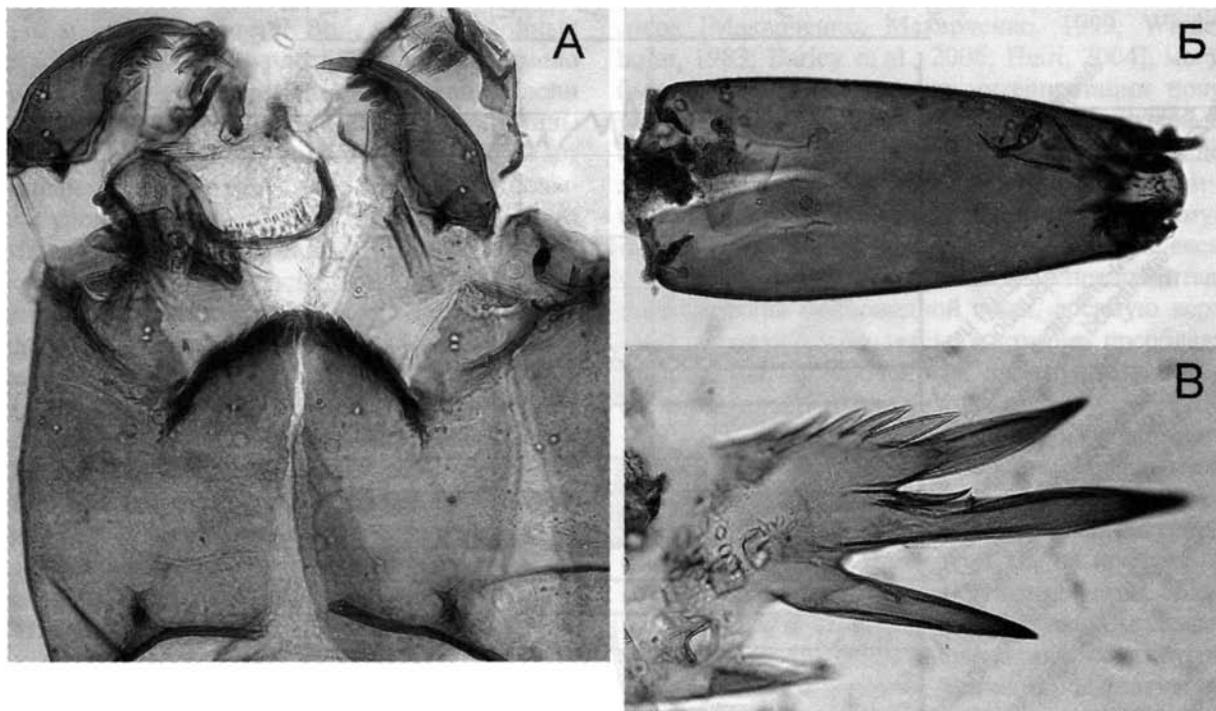


Рис. 3. Остатки личинок двукрылых насекомых из донных отложений оз. Купального: головные капсулы (А) – хирономиды *Zalutschia tatrlica*-type и (Б) – мокреца *Bezzia*-type, мандибула (В) – хаоборуса *Chaoborus flavicans*-type.

Tanytarsini и Pseudochironomini). Стратиграфические профили для 21 таксона (исключая 10 наиболее редких) представлены на рисунке 4. Наиболее обильными на протяжении большей части голоцена были ортокладыны *Zalutschia tatrlica*-type и *Monopsectrocladius septentrionalis*-type, тогда как в раннем голоцене – танитарзина *Corynocera ambigua* и хирономина *Microtendipes pedellus*-type. Вместе эти перечисленные таксоны более чем на 60% определяли численность хирономид во всех слоях донных отложений. Водные клещи по всему профилю донных отложений были представлены преимущественно (более чем на 95% от общей численности) единственным видом *Trimalaconothrus maior*, местообитания которого обычно приурочены к зарослям водных мхов мелководной зоны водоемов [Solhøy et al., 2000].

В стратиграфии членистоногих беспозвоночных профиля озерных отложений было выделено шесть статистически значимых зон ($p < 0.05$; зоны I–VI), которые указывают на наиболее существенные изменения в структуре комплексов и отражают наиболее заметные изменения климата на протяжении голоцена.

Около 10200 кал. л.н. в депрессии установилась озерная седиментация. Вскоре, образовавшееся озеро заселили хирономиды (зона I, ~10000–9800 кал. л.н.), среди которых доминировала *Corynocera ambigua*, таксон с широким диапазоном температурной толерантности [Lagocque,

Hall, Grahn, 2001], предпочитающий слабогумифицированные олиготрофные условия [Nyman, Korhola, Brooks, 2005]. Заметную долю в комплексах этого периода определяли так же теплолюбивые таксоны *Microtendipes pedellus*-type и *Psectrocladius litofilus*-type.

В период ~9800–9500 кал. л.н. (зона II) эти таксоны начали постепенно исчезать и доминирующее положение в комплексах стала занимать хирономида *Zalutschia tatrlica*-type, хорошо адаптированная к умеренно теплему лету ($T_{VII} = +8 \pm 12$ °C) и предпочитающая глубоководные биотопы с зарослями мхов гумифицированных озер [Nyman, Korhola, Brooks, 2005]. Кроме этого, произошло резкое увеличение доли водных клещей *Trimalaconothrus maior*, предпочитающих заросли мхов литоральной зоны озер. Все эти изменения в структуре комплексов, несомненно, были обусловлены развитием почвенного покрова на водосборной территории озера при продолжающемся потеплении климата, и поступлением гуминовых веществ со стоком в водоем. Возрастание степени гумификации воды в озере, в свою очередь, было благоприятным для массового развития водных мхов по всей бентали водоема, что и обусловило значительные перестройки в структуре комплексов членистоногих беспозвоночных.

На протяжении ~9500–7850 кал. л.н. (зона III) продолжали доминировать таксоны, местообитания которых преимущественно приурочены к за-

рослям мхов литорали или более глубоководных участков озера. Хотя около 8200 кал. л.н. имело место резкое кратковременное снижение доли водных клещей и увеличение доли хирономиды *Zalutschia tatica*-type, что, вероятно, отражает кратковременное похолодание климата и повышение уровня воды в озере в этот период.

Между ~7850–7500 кал. л.н. (зона IV) в комплексах резко снизилась доля хирономиды *Zalutschia tatica*-type и возросла доля водных клещей, появились Ceratopogonidae. Столь выраженные перестройки в структуре комплексов дают основание предполагать, что в этот период имело место резкое потепление климата, которое, в свою очередь, привело к резкому снижению уровня эффективного увлажнения, и, следовательно, к резкому обмелению озера. При этом, доля мелководных биотопов с зарослями мхов стала преобладать в озере, что оказалось благоприятным для Asagi и Ceratopogonidae, но привело к сокращению доли *Zalutschia tatica*-type, предпочитающей глубоководные биотопы.

В течение продолжительного периода ~7500–5350 кал. л.н. (зона V) доля *Zalutschia tatica*-type оставалась низкой, а доля водных клещей – высокой. В комплексах продолжали присутствовать Ceratopogonidae. Это предполагает условия теплого и сухого периода, когда уровень воды в озере оставался на относительно низком уровне.

После ~5350 кал. л.н. (зона VI) доля *Zalutschia tatica*-type вновь резко увеличилась на фоне снижения доли водных клещей и исчезновения Ceratopogonidae. Появилась хирономида *Chironomus plumosus*-type, предпочитающая глубоководные биотопы. Отмечаемые изменения в структуре комплексов в начале этой зоны позволяют предполагать, что климат начал становиться более прохладным, а эффективное увлажнение возрастать. Это привело к повышению уровня воды в озере в начале второй половины голоцена. После ~4000 кал. л.н. и до настоящего времени структура комплексов оставалась относительно стабильной, что указывает на прохладный и влажный климат, сохраняющийся на протяжении всего этого периода.

Полученные результаты ординации (PCA) комплексов членистоногих, представленные на рисунке 5, хорошо согласуются с предполагаемыми изменениями климата и экосистемы озера в голоцене. Основываясь на величинах оптимумов и толерантности таксонов к T_{VII} , полученных в северной Фенноскандии [Olander et al., 1999; Brooks, Birks, 2001; Larocque, Hall, Grahn, 2001], а так же на знаниях о предпочтении отдельными таксонами биотопов мелководной или глубоководной зон

озера [Макарченко, Макарченко, 1999; Wiederholm, 1983; Barley et al., 2006; Heiri, 2004], могут быть сделаны следующие интерпретации полученной ординационной диаграммы. В правой ее половине расположены комплексы, в которых доля более холодолюбивых таксонов выше, чем в комплексах левой половины диаграммы. Самую нижнюю часть диаграммы занимают комплексы, в которых доминируют таксоны, предпочитающие биотопы мелководной зоны, а самую верхнюю ее часть – комплексы, в которых преобладают таксоны, приуроченные, преимущественно, к биотопам глубоководной зоны озера.

Таким образом, имеются основания утверждать, что ось первой главной компоненты, объясняющая 32.3% вариаций в структуре комплексов, может быть интерпретирована как ось температурного фактора, а именно изменений T_{VII} на протяжении голоцена. Ось второй главной компоненты, объясняющая 21.0% вариаций в структуре комплексов, может быть интерпретирована как ось другого климатического фактора, а именно эффективного увлажнения, изменение которого непосредственным образом определяло колебания уровня воды в исследованном бессточном озере.

Климат в предгорьях Хибин в голоцене

Результаты палеотемпературных реконструкций, выполненных на основе комплексов хирономид из оз. Купального и из исследованного нами ранее оз. Беркут, Беломорское побережье Кольского полуострова [Pyashuk et al., 2005], представлены на рисунке 6. При анализе и сравнении полученных результатов принимались во внимание сглаженные (LOESS) тренды изменений палеотемператур, поскольку именно сглаженные временные данные позволяют наиболее достоверно и адекватно судить о диапазонах изменения реконструированных климатических показателей, так же как и сравнивать между собой результаты реконструкций, полученные из различных исследуемых районов [Battarbee et al., 2002].

Полученные результаты указывают на то, что около 10200 кал. л.н. началось формирование экосистемы оз. Купального, когда климат в предгорьях Хибин был еще прохладнее современного не менее чем на 0.2°C. Эффективное увлажнение территории в исследуемом районе на фоне прохладного климата, очевидно, было на относительно высоком уровне, что способствовало образованию бессточного озера.

Вскоре после начала формирования оз. Купального, за относительно короткий период времени (9800–9500 кал. л.н.) произошло резкое потепление климата, и T_{VII} стали не менее чем на 0.5°C превы-

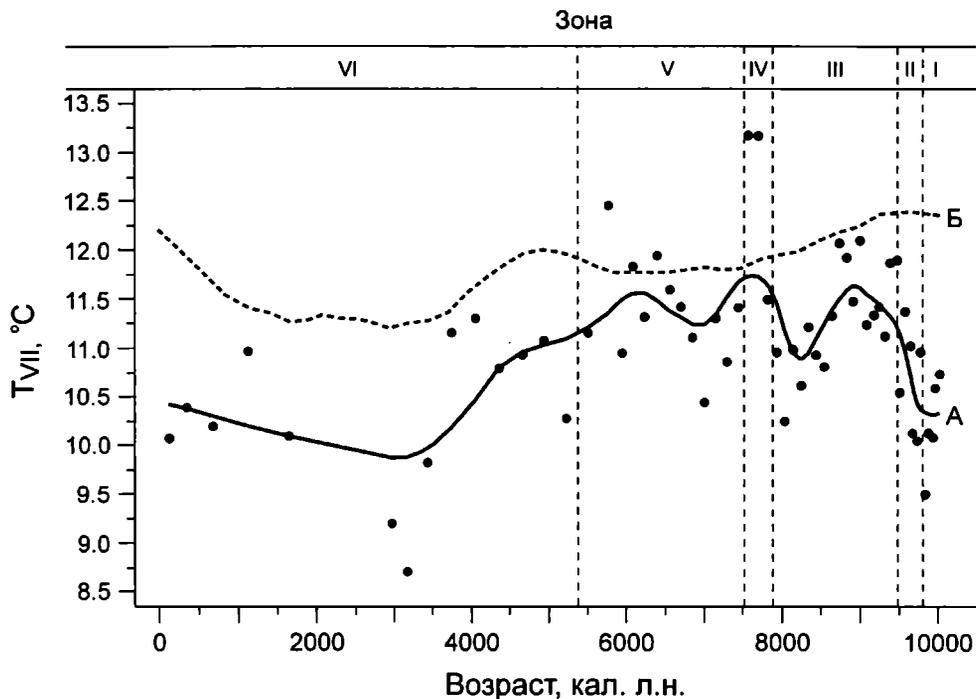


Рис. 6. Сглаженные тренды (LOESS) изменения среднемесячных температур воздуха в июле (T_{VII}) на протяжении голоцена, реконструированные на основе комплексов хириноид А – предгорья Хибин (оз. Купальное; настоящее исследование), Б – Беломорское побережье (оз. Беркут [20]).

луострова совпадала с современным ее положением, а на востоке занимала более северное положение [Елина, Лукашев, Юрковская, 2000]. Это согласуется с результатами, полученными нами, и позволяет констатировать, что в западной более континентальной части полуострова похолодание ~8200 кал. л.н. носило более выраженный характер. Резкое снижение температур в этот период до современного уровня здесь сопровождалось резким увеличением уровня эффективного увлажнения и повышением уровня воды в бессточных озерах. Тогда как в восточной части полуострова с более мягким морским климатом, похолодание в этот период если и имело место, то носило менее выраженный характер, и каких-либо резких климатических изменений не отмечалось.

Сравнение результатов палеотемпературных реконструкций, полученных из предгорий Хибин и с южного побережья полуострова, позволяет говорить о более выровненном характере изменений климата в первой половине голоцена на Беломорском побережье, с более мягким морским климатом, (рис. 6). Кроме этого, наши результаты свидетельствуют о том, что среднеголоценовый температурный максимум в предгорьях Хибин начался несколько раньше и длился на протяжении более короткого периода времени (~6500–5700 кал. л.н.), чем на Беломорском побережье полуострова (~6000–4400 кал. л.н.). В

этот период в более континентальной части региона T_{VII} не менее чем на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ превышали свои современные показатели, тогда как на южном побережье полуострова они были на $\sim 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже современного уровня (рис. 6).

Результаты палеоклиматических реконструкций, основанные на стратиграфическом анализе остатков членистоногих беспозвоночных из оз. Купального свидетельствуют о том, что с началом наиболее теплого периода первой половины голоцена, который в предгорьях Хибин имел место между ~7800 и 7300 кал. л.н., в середине которого T_{VII} не менее чем на $1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ были выше современных, произошло резкое снижение уровня эффективного увлажнения, а это, в свою очередь, привело к резкому снижению уровня воды в озере. Поскольку стратиграфия комплексов членистоногих указывает на то, что озеро оставалось мелководным вплоть до ~5400 кал. л.н., можно говорить о том что климат в предгорьях Хибин был наиболее сухим на протяжении периода ~7800–5400 кал. л.н. Необходимо отметить тот факт, что на прибрежных территориях полуострова, как вблизи побережья Баренцева моря, так и на Беломорском побережье, климат, вероятно за счет близости морских акваторий, стал суше значительно позднее, начиная с ~7000 кал. л.н. На прибрежных территориях Белого моря сухой и теплый период был отмечен между ~7000 и

4000 кал. л.н. [Pyashuk et al., 2005], а вблизи побережья Баренцева моря – между ~7000 и 3500 кал. л.н. [Boettger, Hiller, Kremenetski, 2003].

Большую часть второй половины голоцена, а именно после ~4000 кал. л.н. и до настоящего времени, можно характеризовать как период с наиболее прохладным и влажным климатом в предгорьях Хибин, на всем протяжении которого летние температуры были ниже современных. Наиболее низкие значения T_{VII} (~9.8°C) здесь имели место ~3000 кал. л.н. Похожая климатическая ситуация на протяжении последних 3.5–4.0 тыс. лет была отмечена и на побережье обоих морей Кольского полуострова [Pyashuk et al., 2005; Boettger, Hiller, Kremenetski, 2003].

Заключение

Результаты палеоклиматических реконструкций, выполненных на основе стратиграфического анализа комплексов членистоногих беспозвоночных из колонки донных отложений, отобранной из озера, расположенного в предгорьях Хибин, свидетельствуют о значительных изменениях климата в центральных районах Кольского Севера на протяжении голоцена. Озерная седиментация в депрессии озера началась ~10200 кал. л.н., когда климат в регионе был прохладнее современного. За относительно короткий период времени (9800–9500 кал. л.н.) произошло резкое потепление климата, и T_{VII} стали не менее чем на 0.5°C превышать современные значения. После этого, вплоть до ~4000 кал. л.н., климат в изучаемом районе оставался теплым, и летние температуры на отдельных отрезках этого периода были на 1.0–1.2°C выше современных показателей. Между ~8500 и ~8000 кал. л.н. в предгорьях Хибин имело место резкое кратковременное похолодание, максимум которого приходился на ~8200 кал. л.н., когда T_{VII} снизились почти до со-

временного уровня. Это похолодание сопровождалось резким увеличением уровня эффективно-го увлажнения территории и повышением уровня воды в бессточных озерах. Однако в восточной части полуострова, с более мягким морским климатом, похолодание в этот период если и имело место, то носило менее выраженный характер, и каких-либо резких климатических изменений не отмечалось.

В целом, изменения климата в первой половине голоцена на прибрежных территориях полуострова носили более выровненный характер, чем в предгорьях Хибин. Среднеголоценовый температурный максимум в предгорьях Хибин начался несколько раньше и длился на протяжении более короткого периода времени (~6500–5700 кал. л.н.), чем на Беломорском побережье полуострова. В этот период летние температуры в предгорьях Хибин не менее чем на 1°C превышали современные показатели. А наиболее сухим и теплым климат здесь был на протяжении периода ~7800–5400 кал. л.н., тогда как на прибрежных территориях полуострова, вероятно за счет близости морских акваторий, он стал становиться суше значительно позднее, после ~7000 кал. л.н. Последние 3.5–4.0 тыс. лет характеризуются наиболее прохладным и влажным климатом, как в предгорьях Хибин, так и на побережье обоих морей Кольского полуострова.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют в контексте прогнозируемого глобального потепления климата заключить, что изменения климата будут иметь далеко не однозначный характер даже в пределах территории Кольского полуострова. Наиболее резкие и выраженные изменения климата при его потеплении будут иметь место в центральных районах полуострова, особенно в Хибинах, тогда как в прибрежных районах они будут иметь более сглаженный характер.

Литература

- Давыдов А.А. Изменение температуры воздуха на Кольском полуострове и ледовитости Баренцева моря во второй половине двадцатого века // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 291–297.
- Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковье и голоцен восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2000. 242 с.
- Ильяшук Е.А., Ильяшук Б.П. Анализ остатков хирономид из донных отложений водоемов при палеоэкологической реконструкции // Водные ресурсы. 2004. Т. 31, № 2. С. 223–235.
- Калугина Н.С. Изменение подсемейственного состава хирономид (Diptera: Chironomidae) как показатель возможного эвтрофирования водоемов конце мезозоя // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы, Отд. биол. 1974. Вып. 79. С. 45–56.
- Калугина Н.С. Палеонтологические данные и некоторые вопросы эволюции Culicoidea и Chironomoidea // Систематика и эволюция двукрылых насекомых. М.: Наука, 1977. С. 25–30.
- Кобышева Н.В. (ред.) Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3: Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 2: Мурманская область. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 316 с.

- Kordэ Н.В.* Методика биологического изучения донных отложений озер // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. С. 108–127.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А.* Chironomidae. Комары-звонцы // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: ЗИН РАН, 1999. Т. 4. С. 210–295, 670–857.
- Менжулин Г.В.* (ред.) Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука, 2002. 269 с.
- Мяжков С.М.* (ред.) Природные условия Хибинского учебного полигона: Учебное пособие по практикам студентов-географов в Хибинах. М.: Изд-во МГУ, 1986. 170 с.
- Назарова Л.Е.* Изменения температурного режима Карельского побережья Белого моря // Румянцев В.А. (ред.) Экологическое состояние континентальных водоемов Северных территорий. СПб.: Наука, 2005. С. 148–153.
- Терзиев Ф.С.* (ред.) Справочник по климату СССР. Вып. 2: Мурманская область. Часть II: Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 144 с.
- Alley R.B., Mayewski P.A., Sowers T., Stuiver M., Taylor K.C., Clark P.U.* Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago // *Geology*. 1997. V. 25. P. 483–486.
- Barley E.M., Walker I.R., Kurek J., Cwynar L.C., Mathewes R.W., Gajewski K., Finney B.P.* A north-west North American training set: distribution of freshwater midges in relation to air temperature and lake depth // *J. Paleolimnol.* 2006. V. 36. P. 295–314.
- Battarbee R.W.* Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record // *Quatern. Sci. Rev.* 2000. V. 19. P. 107–124.
- Battarbee R.W., Thompson R., Catalan J., Grytnes J.-A., Birks H.J.B.* Climate variability and ecosystem dynamics of remote alpine and arctic lakes: the MOLAR project. // *J. Paleolimnol.* 2002. V. 28. P. 1–6.
- Bennett K.D.* Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence // *New Phytologist*. 1996. V. 132. P. 155–170.
- Bennett K.D.* Documentation for psimpoll 4.10 and pscomb 1.03. C programs for plotting pollen diagrams and analyzing pollen data. Uppsala: Uppsala University, 2002.
- Boettger T., Hiller A., Kremenetski K.* Mid-Holocene warming in the northwest Kola Peninsula, Russia: northern pinelimit movement and stable isotope evidence // *The Holocene*. 2003. V. 13. P. 403–408.
- Bronk Ramsey.* OxCal v.3.5 Program. Oxford, 2000.
- Brooks S.J.* Fossil midges (Diptera: Chironomidae) as palaeoclimatic indicators for the Eurasian region // *Quatern. Sci. Rev.* 2006. V. 25. P. 1894–1910.
- Brooks S.J., Birks H.J.B.* Chironomid-inferred air temperatures from late-glacial and Holocene sites in north-west Europe: progress and problems // *Quatern. Sci. Rev.* 2001. V. 20. P. 1723–1741.
- Cleveland W.S., Grosse E., Shyu W.M.*: Local regression models // *Chambers J.M., Hastie, T.J.* (eds) Statistical models in S. London: Chapman & Hall, 1993. P. 309–376.
- Francis D.R., Wolfe A.W., Walker I.R., Miller G.H.* Interglacial and Holocene temperature reconstructions based on midge remains in sediments of two lakes from Baffin Island, Nunavut, Arctic Canada // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2006. V. 236. P. 107–124.
- Grimm E.C.* TILIA and TILIAGRAPH Software. Springfield: Illinois State Museum, 1991.
- Heiri O.* Within-lake variability of subfossil chironomid assemblages in shallow Norwegian lakes // *J. Paleolimnol.* 2004. V. 32. P. 67–84.
- Heiri O., Lotter A.F., Lemcke G.* Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results // *J. Paleolimnol.* 2001. V. 25. P. 101–110.
- Hofmann W.* The significance of chironomid analysis (Insecta: Diptera) for paleolimnological research // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1988. V. 62. P. 501–509.
- Ilyashuk B.P., Andreev A.A., Bobrov A.A., Tumskoy V.E., Ilyashuk E.A.* Interglacial history of a palaeo-lake and regional environment: a multi-proxy study of a permafrost deposit from Bol'shoy Lyakhovsky Island, Arctic Siberia // *J. Paleolimnol.* 2006. V. 35. P. 855–872.
- 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. V. 15. P. 897–914.
- Kremenetski C.V., 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 // *J. Quatern. Sci.* 1999. V. 14. P. 29–43.
- Larocque I., Hall R.I., Grahn E.* Chironomids as indicators of climate change: a 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland) // *J. Paleolimnol.* 2001. V. 26. P. 307–322.
- Last W.M., Smol J.P.* (eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques, Vol. 1. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2001. 541 p.
- Last W.M., Smol J.P.* (eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods, Vol. 2. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2001. 497 p.
- Nyman M., Korhola A., Brooks S.J.* The distribution and diversity of Chironomidae (Insecta: Diptera) in western Finnish Lapland, with special emphasis on shallow lakes // *Global Ecol. Biogeogr.* 2005. V. 14. P. 137–153.
- Olander H., Birks H.J.B., Korhola A., Blom T.* An expanded calibration model for inferring lakewater and air temperatures from fossil chironomid assemblages in northern Fennoscandia // *The Holocene*. 1999. V. 9. P. 279–294.
- Porinchu D.F., MacDonald G.M.* The use and application of freshwater midges (Chironomidae: Insecta: Diptera) in geographical research // *Progr. Physic. Geogr.* 2003. V. 27. P. 378–422.

- Smol J.P., Birks H.J.B., Last W.M.* (eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Zoological Indicators, Vol. 4. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2001. 211 p.
- Solhøy I.W., Solhøy T.* The fossil oribatid mite fauna (Acari: Oribatida) in late-glacial and early-Holocene sediments in Kråkenes Lake, western Norway // *J. Paleolimnol.* 2000. V. 23. P. 35–47.
- Stuiver M., Reimer P.J., Bard E., Beck J.W., Burr G.S., Hughen K.A., Kromer B., McCormac G., van der Plicht J., Spurk M.* INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24000–0 cal BP // *Radiocarbon.* 1998. V. 40. P. 1041–1083.
- ter Braak C.J.F., Šmilauer P.* Canoco for Windows: software for Canonical Community Ordination (version 4). New York: Microcomputer Power, 1998.
- Walker I.R.* Chironomids as indicators of past environmental change // *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges.* London: Chapman & Hall, 1995. P. 405–422.
- Walker I.R.* Midges: Chironomidae and related Diptera // *Smol J.P., Birks H.J.B., Last W.M.* (eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Zoological Indicators, Vol. 4. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2001. P. 43–66.
- Walker I.R., Cwynar L.C.* Midges and palaeotemperature reconstruction – The North American experience // *Quatern. Sci. Rev.* 2006. V. 25. P. 1911–1925.
- Wiederholm T.* (ed.) Chironomidae of the Holarctic region, keys and diagnoses. Part 1 – Larvae // *Entomologica Scandinavica.* 1983. Suppl. 19. P. 1–457.