

## ОСАДКИ ОЗЕРА ХУБСУГУЛ КАК ЛЕТОПИСЬ ПАЛЕОКЛИМАТОВ ГОЛОЦЕНА И ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА

А. П. Федотов, Е. В. Безрукова, С. С. Воробьева, О. М. Хлыстов, О. В. Левина,  
И. Б. Мизандронцев, Г. Ф. Мазепова, А. Р. Семенов, Т. О. Железнякова,  
С. М. Крапивина, Е. П. Чебыкин, М. А. Грачев

*Лимнологический институт СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия*

Представлены результаты анализов верхнего слоя осадков, отобранных донными трубками в Северной котловине оз. Хубсугул (МНР). Проведено описание керна, определено содержание влаги, биогенного кремнезема, установлен количественный состав диатомовых видов методом световой микроскопии с шагом 2 см. Сплошными 2-сантиметровыми интервалами выполнен палинологический анализ. С интервалом в 10 см определено содержание карбонатного CO<sub>2</sub>.

Полученный керн характеризует конец оледенения и весь голоцен. Граница последнего установлена путем корреляции исследованного керна с множеством изученных ранее кернов из других озер Монголии. Средняя скорость осадконакопления в голоцене в Северной котловине озера составляла 7—8 см за 1000 лет.

В голоценовых осадках произошло резкое снижение концентрации карбонатов, которые присутствуют в плейстоценовых осадках в большом количестве.

Полученные данные убедительно свидетельствуют о том, что отбор длинных осадочных кернов из оз. Хубсугул и их комплексный анализ могут дать весьма ценные сведения о палеоклиматах плейстоцена и, в частности, позволить лучше понять байкальскую осадочную летопись.

*Колебания климата, голоцен, поздний плейстоцен, донные осадки, карбонатность, оз. Хубсугул.*

### SEDIMENTS OF LAKE HOVSGOL AS A RECORD OF PALEOCLIMATES OF THE HOLOCENE AND LATE PLEISTOCENE

A. P. Fedotov, E. V. Bezrukova, S. S. Vorob'eva, O. M. Khlystov, O. V. Levina, I. B. Mizandrntsev,  
G. F. Mazepova, A. R. Semenov, T. O. Zheleznyakova, S. M. Krapivina, E. P. Chebykin, and M. A. Grachev

Results of analyses of the upper sedimentary layer from Lake Hovsgol (Mongolia) sampled with bottom cores in the Northern lake basin are presented. The core is characterized; the contents of moisture and biogenic silica as well as the composition of diatom species are determined at each 2 cm using light microscopy method. Palynological analysis is performed at continuous 2 cm intervals. The content of carbonate CO<sub>2</sub> is determined at each 10 cm.

The core obtained covered the end of glaciation and the entire Holocene. The Holocene boundary is determined by correlation of the studied core with numerous cores from other Mongolian lakes studied earlier. The mean sedimentation rate in the Northern basin in the Holocene was 7—8 cm per 1000 years.

The Pleistocene sediments contain a large amount of carbonates. In the Holocene sediments their concentration decreased abruptly.

The data obtained suggest convincingly that sampling of long sedimentation cores from Lake Hovsgol and their complex analysis can give very important information about the Pleistocene paleoclimates and, in particular, a deeper insight into the sedimentary record of Lake Baikal.

*Climate fluctuations, Holocene, Late Pleistocene, bottom sediments, carbonate abundance, Lake Hovsgol*

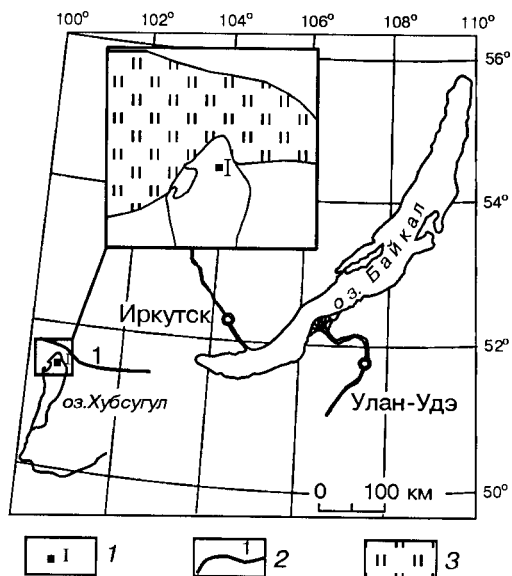
## ВВЕДЕНИЕ

Озеро Хубсугул является вторым после Байкала крупным пресноводным озером Центрально-Азиатского региона (рис. 1). Оно расположено на высоте 1645 м над уровнем моря, простираясь с севера на юг на 136 км. Его средняя ширина 20 км, средняя глубина 139 м, максимальная глубина 262 м [1]. Озеро находится на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны. Мощность его осадков, по данным гравиметрических измерений, составляет 550 м [2].

Осадки оз. Хубсугул как летопись палеоклиматов систематически не изучались. Большинство данных о вещественном составе осадков озера собраны в рамках многолетних советско-монгольских комплексных исследований весьма широкого круга озерных систем Монголии. В работе [3] приведены материалы исследования керна длиной 110 см, взятого на глубине 100 м в южной части оз. Хубсугул, включающие первичное описание и результаты палинологического анализа, выполненного с шагом 2,5 см. В целом по разрезу содержание пыльцы деревьев составляет 60—70 %, трав 20—40 %, спор 0—5 %. По-видимому, разрез охватывает период от середины голоцена до настоящего времени. Изменения состава пыльцы по длине грунтовой колонки свидетельствуют о том, что около 1 тыс. лет назад климат стал более аридным и приобрел современные черты. Еще один керн осадков из оз. Хубсугул длиной 280 см был взят также в южной части озера. Возраст „органогенных

**Рис. 1. Обзорная схема района исследования, на врезке выделен район плейстоценового оледенения (по данным В. С. Кулакова [16]).**

1 — точка отбора керна; 2 — хребт Мунку-Сардык; 3 — район плейстоценового оледенения в Прихубсугулье.



слоев“ на глубине 1 и 2 м, установленный радиоуглеродным методом, составил соответственно 3910 и 5800 лет [3].

При исследовании тепловых потоков в донных отложениях Хубсугула, зонд, внедрившийся в иловую толщу на глубину до 5 м, приносил плотную „голубую глину“, лежащую под слоем современных осадков [4]. Это позволило В. А. Голубеву [4] сделать заключение, что эти глины залегают на значительной части площади дна в области больших глубин под современными илами. Он высказал соображение, что хубсугульские „голубые глины“ представляют собой аналог бездиатомовых голубых глин оз. Байкал, и отнес верхнюю границу тех и других предположительно ко времени перехода от плейстоцена к голоцену.

В ходе изучения палеоразрезов донных отложений многих других озер Монголии было установлено, что накопление в них „голубых глин“ заканчивалось, как правило, по радиоуглеродным датировкам, 12—11 тыс. лет назад [3, 5]. После периода формирования глин, отложившихся в условиях холодного климата конца последнего ледникового, накапливались органические озерные либо торфянистые болотные осадки. Данные палинологического, диатомового и литологического анализов показали, что в течение всего голоцена климат Монголии неоднократно претерпевал более или менее резкие, по сравнению с современным, изменения. Однако полученная информация в целом не удовлетворяет современным требованиям к палеоклиматическим реконструкциям и прежде всего требованию высокого временного разрешения.

Как известно, значительные успехи достигнуты в последние годы при изучении летописи палеоклиматов, зафиксированной в осадках оз. Байкал [6, 7]. Эта летопись имеет беспрецедентную для континентов продолжительность в несколько миллионов лет. Выявленные в ней общие тенденции изменения климата прекрасно коррелируют с глобальными, а выделенные ритмы в целом согласуются со следствиями из астрономической теории Миланковича. Однако для того чтобы узнать, с какой задержкой происходил на континенте отклик на изменения инсоляции, как и когда сказывались на нем флуктуации в функционировании океанического теплового конвейера, нужно значительно точнее датировать байкальские осадки и на этой основе сопоставлять содержащиеся в них короткопериодные сигналы с сигналами, записанными в ледовых кернах Гренландии и Антарктиды, а также в осадках океана. Значительным препятствием на этом пути является то, что из-за малой минерализации вод Байкала в осадках не сохраняются биогенные карбонаты — главный источник записанных в осадках океанов сведений о составе атмосферы и объемах полярных льдов.

Цель настоящей работы заключается в предварительной оценке возможности использования донных отложений оз. Хубсугул как материала для будущих детальных и протяженных во времени палеоклиматических реконструкций.

## МЕТОДЫ

Отбор кернов был произведен со льда с использованием ударной грунтовой трубки ГОИН-1.5 и бентосной трубки длиной 1 м. Точка опробования с координатами 53°27'45" с.ш. и 100°34'25" в.д. расположена в северной части озера, на расстоянии 7,5 км от береговой линии (см. рис. 1). Глубина воды составляла 160 м. Получено три керна длиной 110, 63 и 44 см. Весь комплекс приведенных ниже исследований проводился по керну длиной в 110 см.

Цвет керна определялся по каталогу цветов почв [8].

Определение влажности осадка проводилось с интервалом в 2 см. Осадок взвешивался во влажном состоянии, затем высушивался при температуре 60 °С в течение 2 сут. до постоянного веса.

Биогенный кремнезем определялся по методике (Morlock and Froelich), апробированной на байкальских осадках [6].

Определение CO<sub>2</sub> карбонатного проведено методом Шеина и Рогова [9]. Опробование велось через 10 см.

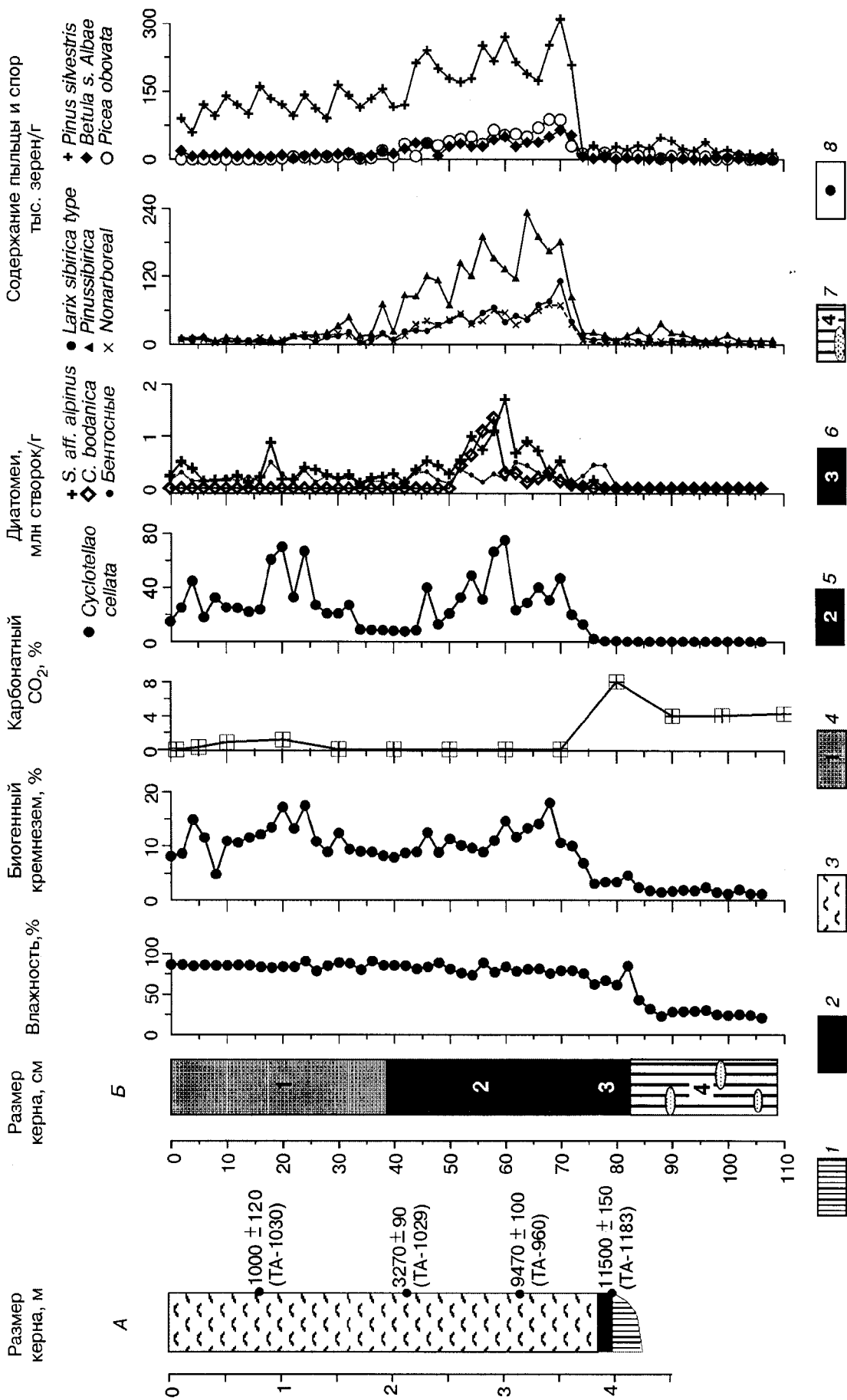


Рис. 2. Литологическое строение ядра, распределение в ядре влажности, биогенного кремнезема, CO<sub>2</sub> карбонатного, диатомовых видов, пылицы и спор.

A — ядро из оз. Ачит-Нур, Монгольский Алтай [3, 5]; 1 — сизые глины, 2 — торфяная прослойка, 3 — илы; B — ядро из оз. Хубсугул; 4, 5 — ил диатомовый, мелкоалевритовый; 4 — серовато-оливкового цвета, 5 — оливково-черного цвета, 6 — бездиатомовые илы темно-зеленовато-серого цвета; 7 — глины с линзами песка зеленовато-серого цвета; 8 — органические осадки, датированные по <sup>14</sup>C.

Диатомовый и палинологический анализы проводились на „точечных“ пробах, отобранных с шагом 2 см; методика опубликована [6].

**Выделение створок остракод.** Опробование производилось точечными пробами с шагом 10 см. Для отделения глинистых частиц пробы были залиты 1 %-ым раствором моющего средства, и при медленном перемешивании материал просеивался через сито с размером ячеек 100 мкм. Оптимальный размер ячеек был выбран после предварительного просмотра под микроскопом остатков остракод. Размер их створок превышает 200 мкм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 2 показано литологическое строение осадка и результаты определения биогенного кремнезема, влажности и карбонатного  $\text{CO}_2$ , а также содержание створок диатомовых и пыльцы (глубины указаны от верха керна).

**Литологическое строение осадка.** Полученный керн не имеет четко выраженного окисленного слоя, видны только его фрагменты темно-бурого цвета по стенкам трубки. По-видимому, при отборе керна было утеряно несколько первых сантиметров осадка.

В целом разрез колонки представлен двумя типами осадка: диатомовые илы и глины.

Диатомовые мелкоалевритовые илы слагают верхнюю часть колонки (0—74 см). Их цвет меняется от серовато-оливкового 7.5Y4/2 (стандарты цветов почв) на интервале 0—38 см до оливково-черного 10Y3/1 на участке 38—74 см. В интервале 74—82 см происходит переход от диатомовых илов к глинам. Осадок в интервале имеет темно-зеленовато-серый цвет 7.5GY4/1 несколько более светлый в середине. На этом интервале имеется большое количество слойков и точек черного цвета мощностью до 2 мм. Далее вниз по разрезу интервал 82—110 см представлен песчанисто-алевритовыми глинами с линзами, гнездами и прослоями несортированного, слабо окатанного, мелко-, средне- и крупнозернистого песка. Основная масса глин имеет зеленовато-серый цвет 7.5GY5/1.

**Влажность осадка.** Содержание воды в диатомовых илах варьирует от 75 до 85 %. Максимум влажности (94 %) отмечается на границе перехода от диатомовых илов к глинам.

**Распределение биогенного кремнезема.** Верхняя часть керна характеризуется высоким содержанием биогенного кремнезема, достигающим 20 %. Содержание биогенного кремнезема в глинах минимально (не превышает 4 %).

**Содержание карбонатного  $\text{CO}_2$ .** Верхняя часть керна характеризуется низким содержанием карбонатного  $\text{CO}_2$ , не превышающим 0,05 %. В нижней части переходного слоя от илов к глинам содержание карбонатного  $\text{CO}_2$  достигает 8 %, в глинах — практически постоянно и не падает ниже 4 %.

**Диатомовый анализ.** Во всей верхней части керна абсолютно преобладает *Cyclotella ocellata* Pant. Максимальная ее численность достигает 75 млн створок/г сухого осадка. Для этого вида отмечается большой диапазон диаметра клеток (от 3—40 мкм), в целом чаще встречаются мелкие экземпляры. Наряду с *Cyclotella ocellata* Pant. в небольших количествах присутствуют створки других видов — планктонные *Cyclotella bodanica* Eulens. и *Stephanodiscus* aff. *alpinus*.

Содержание донных водорослей родов *Achnanthes* Bory., *Cocconeis* Ehr., *Navicula* Bory., *Cymbella* Ag. и прочих очень мало и не превышает 0,8 % от общей численности диатомей.

В глинистом слое на глубине 84—110 см створки диатомовых водорослей отсутствуют.

**Палинологический анализ.** Концентрация пыльцевого материала по длине керна значительно изменяется — от 2 тыс. до почти 24 тыс. зерен/г.

Для верхней части керна характерно высокое содержание пыльцы древесных, из которых в наибольших количествах присутствует пыльца сосны обыкновенной и кедра сибирского. Содержание пыльцы и спор недревесных растений не превышает 12 % от общего числа пыльцы и спор в образцах. Из-за чрезвычайно малого их количества для недревесных растений на спорово-пыльцевой диаграмме не показаны видовые соотношения. В глинистой части керна пыльца древесных практически отсутствует, либо представлена в существенно малых количествах. Незначительное возрастание концентрации пыльцы до 5 тыс. зерен/г отмечается лишь в интервале 86—96 см.

**Определение остракод.** Микроскопическое исследование осадков показало, что в современных илах створки остракод отсутствуют. Довольно многочисленные створки, а нередко и целые раковины обнаружены в нижней глинистой части керна, особенно в слое 84—86 см. На рис. 3 помещено полученное с помощью электронного сканирующего микроскопа изображение створок двух видов остракод родов *Cytherissa* Sars (*C. cf. lacustris*) и *Candona* Baird (*C. sp.*). Видовая принадлежность этих таксонов еще требует уточнения. Створки у первого из них толстые, непрозрачные, матовые или ярко-белые, крупнобугристые, со сложной ячеистой скульптурой на поверхности. Раковины второго вида почковидные, узкие; створки стекловидно-прозрачные, тонкие, гладкие. Размеры створок *Cytherissa* составляют в длину 0,2—1,0 мм, что говорит о присутствии не только взрослых

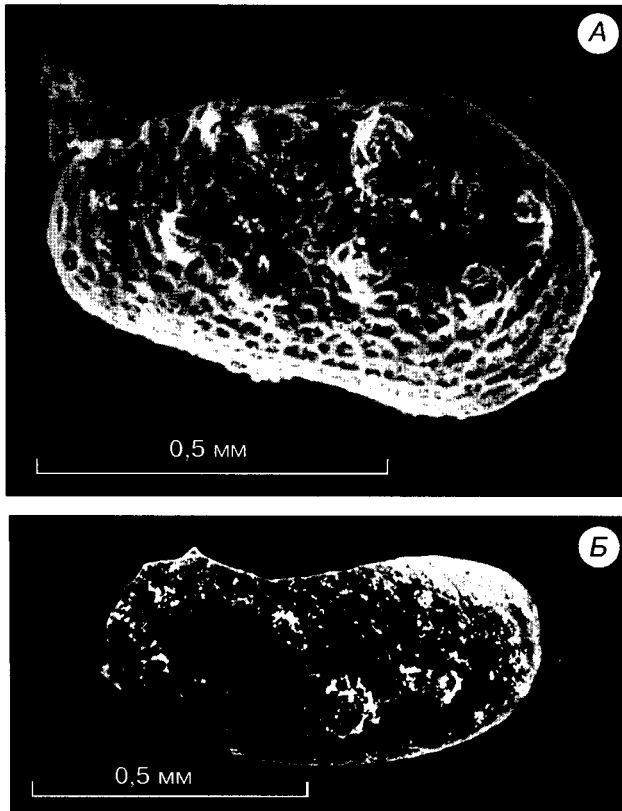


Рис. 3. Изображения створок остракод, найденных в глинах.

A — род *Cytherissa* Sars (*C. cf. lacustris*); B — род *Candona* Baird (*C. sp.*).

особей, но и их личинок. По своей морфологии они напоминают байкальские виды, в частности, тем, что имеют самцов. Средний размер створок *Candona*: длина 1 мм, высота 0,35—0,40 мм.

Створки обоих родов полностью растворяются под действием концентрированной соляной кислоты.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выполненные ранее комплексные палеолимнологические исследования озер Монголии показали, что для этого региона в целом характерен переход озерных осадков от глинистых к биогенным на границе между последним оледенением и голоценом. По радиоуглеродным датам этот переход имел место 11,1—11,5 радиоуглеродных (13—13,5 календарных) тыс. лет назад [5].

Согласно современным представлениям о глобальном палеоклимате, конец последнего оледенения характеризуется резким кратковременным потеплением (беллинг—аллеред),

которое имело место 14,7—12,8 тыс. лет назад [10]. После этого наступило короткое и глубокое похолодание (верхний дриас), которое началось 12,8 тыс. календарных лет назад и закончилось 11,6 тыс. лет тому назад.

Полученный нами керн радиоуглеродной датировке не подвергался. Однако последовательность литологического строения полученного керна хорошо согласуется с литологическим строением продатированных кернов из других озер Монголии (см. рис. 2) [3]. За маркирующий горизонт нами был взят переход литологического состава от глин к илам. Мы также предполагаем, что эта летопись коррелирует не только с летописями других районов Монголии, но и с глобальной летописью климата.

Как видно из рис. 2, в интервале 95—84 см наблюдается небольшой прирост содержания пыльцы древесных растений, прежде всего сосны обыкновенной и сибирского кедра. В качестве рабочей гипотезы мы предполагаем, что это повышение соответствует потеплению беллинг—аллеред и обсуждаем результаты исходя из этого предположения, которые в пределах точности радиоуглеродных датировок в целом соответствуют представлениям Виппера и др. [5].

Кратковременное возрастание содержания пыльцы сменяется периодом практически полного ее отсутствия. Предположительно эта часть керна (интервал 84—74 см) приходится на верхний дриас. Вверх по керну содержание пыльцы резко возрастает и, скорее всего, этот рост имел место спустя небольшое время после глобального голоценового потепления.

Последующие за глинами диатомово-мелкоалевритовые илы не несут в себе следов катастрофического осадконакопления (пересыхание озера, турбидиты) и имеют однородное литологическое строение с практически постоянным содержанием воды в осадке этого интервала. Исходя из этого нами делается предположение об относительно стабильных скоростях осадконакопления этого периода в северной котловине озера. Приняв это за основу, а также то, что время накопления интервала диатомовых илов произошло за 13—13,2 тыс. лет (с учетом потерянных первых сантиметров), мы оценили среднюю скорость осадконакопления в 7—8 см за 1 тыс. лет.

Весьма интересен характер диатомового сигнала в палеоэкологии Хубсугула и Прихубсугуля, отличающийся от такового в Байкале. В Байкале в голоценовое время происходило постепенное накопление диатомовых видов. Содержание биогенного кремнезема стало возрастать в начале голоцена, но достигло своего максимума лишь около 1 тыс. лет назад. Можно предполагать, что такой медленный рост и изменение видового состава были следствием медленной эвтрофикации Байкала, происходившей из-за изменения природной среды в водосборном бассейне. В хубсугульских же голоценовых летописях примечателен тот факт, что с самого начала голоцена доминирует один вид

диатомовых водорослей *Cyclotella ocellata* Pant. Это может свидетельствовать о более низкой трофности Хубсугула по сравнению с Байкалом, а также о том, что трофность не менялась с течением времени. В целом полученная летопись соответствует сведениям о голоценовом палеоклимате Монголии.

Наиболее важной особенностью летописи оз. Хубсугул, представляющей интерес для палеоклиматических реконструкций, является высокое содержание карбонатной составляющей в плейстоценовой части донных отложений озера. Карбонатная часть осадка представлена терригенной, хемогенной и биогенной составляющими.

Гидрохимические исследования современного состояния водной толщи озера показали, что карбонатно-кальциевая система водной толщи озера находится в состоянии пересыщения относительно твердой фазы  $\text{CaCO}_3$  [11—13 и др.] Несмотря на увеличение концентрации растворенной свободной углекислоты с глубиной, даже в нижней части гипolimниона, на глубинах 100—200 м и более, где величины рН в основном лежат в пределах 8,10—8,45, степень насыщения озерной воды карбонатом кальция обычно составляет от 100 до 230 % и лишь изредка отмечаются случаи недосыщения. Сравнительно невысокое содержание растворенного в воде органического вещества (величина бихроматной окисляемости составляет 1—6 мгО/л [13]) не в состоянии стабилизировать карбонатную систему и воспрепятствовать осаждению карбонатов. Таким образом, физико-химические условия в водной толще озера, в том числе в его гипolimнионе и придонном слое, благоприятствуют накоплению карбонатов.

Вместе с тем, как это на первый взгляд ни парадоксально, скелет современных илов оз. Хубсугул, за исключением самого поверхностного слоя, практически не содержит карбонатов (см. рис. 2). Это обстоятельство можно однозначно объяснить существенным недосыщением поровых растворов илов компонентами карбонатной системы относительно  $\text{CaCO}_3$ , что связано с накоплением в донных отложениях свободной углекислоты, образующейся при деструкции и минерализации захороненного органического вещества. Об этом свидетельствуют относительно невысокие значения рН донных отложений — от 7,0 до 7,6 [14]. Заметно повышенные в поровых растворах современных илов концентрации органических форм углерода (13—33 мгС/л) и азота (в среднем около 2 мгN/л) [15] говорят об активном распаде органического вещества, протекающем на стадии раннего диагенеза осадков. Следует заметить, что при осаждении взвесей и формировании поверхностного слоя илов объемная концентрация взвешенных частиц и связанного с ними органического углерода возрастает на несколько порядков. Поэтому содержание органического вещества в единице объема ила существенно выше, чем в воде. Последующая минерализация органического углерода приводит к заметному накоплению  $\text{CO}_2$  в поровых растворах осадков.

Расчеты, выполненные нами с использованием исходных данных о химическом составе поровых растворов илов, отобранных в разных районах Хубсугула [15], и значений рН донных отложений, показали, что при температуре и гидростатическом давлении *situ* в жидкой фазе этих осадков по вертикали содержание углекислоты возрастает от 2,5 до 15—16 мг/л, а степень насыщенности поровых растворов карбонатом снижается от 35 до 15 %.

Под современными влажными и практически бескарбонатными илами залегают, как говорилось выше, плотные зеленовато-серые глины с содержанием карбонатного материала в их твердом сухом веществе от 3 до 8 % (в пересчете на  $\text{CO}_2$  карб). В глинах существенно понижено содержание биогенного кремнезема, концентрации створок планктонных и донных диатомей, а также пылцы недревесных форм наземной растительности (см. рис. 2). Аналогичные осадки в Байкале, подстилающие современные иловые отложения, содержат менее 1 % органического углерода и сотые доли процента органического азота. В связи с этим в поровых растворах глин не накапливается свободная углекислота, понижающая величины рН и способствующая растворению карбонатов.

Можно предполагать, что высокое содержание карбоната кальция в плейстоценовых осадках оз. Хубсугул обусловлено также, что в озеро поступало значительное количество карбонатного материала, вносимого в озеро в результате деятельности горных ледников. Это подтверждается присутствием зерен недиагенетических карбонатов в этих глинах. Отмечается совместность нахождения в Западной части Прихубсугульях площадей, занятых плейстоценовыми оледенениями и выходами карбонатных пород (см. рис. 1) [1, 16]. В период деградации ледников и вечной мерзлоты вынос в Хубсугул карбонатной составляющей возрастал многократно, что способствовало не только хемогенному осаждению, но также дало богатый материал для расцвета популяции остракод.

Как известно, карбонаты не захораниваются в осадках оз. Байкал вследствие малой минерализации его вод. Поэтому к осадкам Байкала нельзя применить методы анализа, наиболее широко применяющегося при изучении биогенного карбоната океанических кернов с использованием соотношения изотопов  $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ , которое является наиболее характерным индикатором изменений климата. Найденное нами впервые высокое содержание биогенного карбоната в донных отложениях Хубсугула позволяет надеяться, что при глубинном бурении этих осадков будет получена летопись изменений соотношений изотопов кислорода, что позволит наиболее надежно сопоставлять хубсугульскую летопись с летописями глобального климата.

Отсутствие диатомовых водорослей в период накопления глин может быть связано как с недостатком биогенных элементов или повышением мутности вод, так и с тем, что створки диатомей растворялись под действием карбоната кальция.

## ВЫВОДЫ

По совокупности основных сигналов палеоклимата, зафиксированных в донных отложениях оз. Хубсугул, вырисовывается высокоперспективная картина для их успешного изучения в свете построения палеоклиматических реконструкций для Центральной Азии. Это обуславливается несколькими факторами:

1. Наличие 550-метрового осадочного чехла позволит получить летопись осадков, по крайней мере, от верхнего плиоцена до нижнего плейстоцена.

2. Присутствие биогенной карбонатной составляющей в осадках озера позволяет надеяться на успешную корреляцию хубсугульской летописи с летописями глобального климата по соотношению изотопов  $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ .

3. Осадки оз. Хубсугул, наряду со специфической палеоклиматической информацией, отображающей местные условия осадконакопления, также содержат информацию более широкого, регионального уровня.

Результаты детального комплексного изучения керна убедительно свидетельствуют о том, что отбор длинных осадочных кернов из оз. Хубсугул и их комплексный анализ могут дать весьма ценные сведения о палеоклиматах плейстоцена и, в частности, лучше понять байкальскую осадочную летопись.

Работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 00-05-64652, 00-05-79132).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас озера Хубсугул. М., ГУГК, 1989, 119 с.
2. Кочетков В. М., Хилько С. Д., Зорина Ю. А. и др. Сейсмоструктура и сейсмичность Прихубсугулья. Новосибирск, Наука, 1993, 184 с.
3. Лимнология и палеолимнология Монголии. СПб., Наука, 1994, 304 с.
4. Голубев В. А. Плотные глины в верхнем слое донных отложений озера Хубсугул (МНР) // Докл. РАН, 1992, т. 324, № 5, с. 1091—1095.
5. Виппер П., Дорофеюк Н., Лийва А. и др. Палеогеография голоцена и верхнего плейстоцена Центральной Монголии // Изв. АН. ЭССР. Биология, 1981, т. 30, № 1, с. 74—82.
6. Грачев М. А., Лихошвай Е. В., Воробьева С. С. и др. Сигналы палеоклиматов верхнего плейстоцена в осадках озера Байкал // Геология и геофизика, 1997, т. 38, № 5, с. 957—980.
7. Коллектив участников проекта „Байкал-бурение“. Непрерывная запись климатических изменений в отложениях озера Байкал за последние 5 миллионов лет // Геология и геофизика, 1998, т. 39, № 2, с. 139—156.
8. Oyama M., Takehara H. Standard Soil Color Charts. Tokio, National Geological Survey of Japan, 1997, 79 p.
9. Химический анализ минералов и их химический состав. М., Наука, 1964, с. 140—142.
10. Severinghaus J. P., Brook E. J. Abrupt change at the end of the Last Glacial period inferred from trapped air in polar ice // Science, 1999, v. 286, p. 930—934.
11. Бочкарев П. Ф., Николаева М. Д., Самарина А. В. Гидрохимическая характеристика озера Хубсугул // Изв. физ.-хим. НИИ при ИГУ, 1964, т. 6, вып. 1, с. 40—52.
12. Шпейзер Г. М., Стальмакова В. А., Самарина А. В. и др. Карбонатно-кальцевое равновесие в воде озера Хубсугул // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья (МНР). Иркутск, Улан-Батор, 1973, с. 307—317. (Тр. Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции; Вып. 2).
13. Бадрах Д., Гановичева Г., Минеева Л. и др. Химический состав атмосферных осадков и поверхностных вод Хубсугула // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья (МНР). М., Недра, 1976, с. 207—228.
14. Алтунбаев В. Х., Самарина А. В. Характеристика донных отложений Хубсугула // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья (МНР). Иркутск, Улан-Батор, 1977, с. 80—90. (Тр. Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции; Вып. 5).
15. Самарина А. В., Стальмакова В. А., Алтунбаев В. Х. Характеристика химического состава грунтовых растворов озера Хубсугул // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья (МНР). Иркутск, Улан-Батор, 1976, с. 154—157. (Тр. Советско-Монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции; Вып. 3—4).
16. Кулаков В. С. Древнее и современное оледенение Северной Монголии (Прихубсугулья) // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья. Иркутск, 1981, с. 10—19.

Поступила в редакцию  
29 июля 2000 г.