

К палеолиминологии озера Биллях (Верхоянские горы)

Л. А. Пестрякова, Д. А. Субетто, Б. Дикманн

В статье приведены первые предварительные результаты палеолиминологических исследований, выполненных весной 2005 г. на озере Биллях (Верхоянские горы) совместно с российско-германскими учеными. Даны сведения о морфологии, морфометрии, донных отложениях озера. Выполнен диатомовый анализ одного из кернов.

The article represents preliminary results of palaeolimnological investigations that were performed in spring 2005 at the lake Biljakh (Verchojansk Mountains) during the joint Russian-German expedition. One kern was subject to diatom analysis.

Ключевые слова: озеро Биллях, донные отложения, радиоуглеродная датировка, диатомовые водоросли, этапы развития палеоводоема.

Озерные бассейны в глобальном аспекте составляют неотъемлемое звено круговорота воды. Они возникают и развиваются благодаря тесному взаимодействию геологических, климатических и гидробиологических процессов. В этом единстве геологические явления создают и преобразовывают рельеф земной поверхности, климатические обуславливают степень увлажненности территорий, гидробиологические определяют развитие биоты и ее участие в формировании органической компоненты осадочных толщ.

Озера Якутии в палеолиминологическом отношении остаются недостаточно изученными. Полученные в последнее время, совместные с немецкими учеными, палинологические, диатомовые и радиоуглеродные данные свидетельствуют о большом своеобразии этих изменений в Центральной Якутии по сравнению с другими районами Северной Евразии [2—7, 8—11, 13].

В статье представлены предварительные результаты палеолиминологических исследований одного из озер Верхоянских гор — Биллях (рис. 1), полученные в рамках совместного российско-германского проекта, разработанного Якутским государственным университетом им. М.К.Аммосова и Институтом полярных и морских исследований им. А.Вегенера (Германия, Постдам) с участием Института озероведения РАН (Санкт-Петербург).

Исходным материалом для статьи послужили данные батиметрии, радиоуглеродного и диатомового анализов колонки донных отложений озера Биллях.

Котловина озера расположена (65°17'с.ш., 126°45'в.д., 340 м над ур. м.) в правобережной части реки Лена на водоразделе рек Дянышка и Лямпуща. Имеет вытянутую с севера на юг удлинненно-продолговатую форму и лежит между хребтами Мюсочан-Хая (871 м) и Текир-Хая (926 м).

Озеро размером 10х3 км и глубиной до 25 м имеет тектоническое происхождение, было сформировано наступлением горных ледников до 40 тыс. лет назад. В момент исследования температура воды подо льдом в апреле равна +0,5—0,7°C, а на дне (на глубине 7,8 и 6,8 м) — 3,0—3,1°C. Содержание растворенного кислорода в воде

менялось в пределах от 7,6 мг/л (на поверхности) до 4—7 мг/л (на дне). Значение pH воды на поверхности 6,3—6,8 и 6,2—6,5 — на дне озера. Удельная электропроводность составила от 40 до 45 мСм/см, с глубиной ее значение существенно не менялось [5].

В центральной части озера со льда в апреле 2005 г. отобраны колонки донных отложений с помощью бура UWITEC ударно-канатного типа [7]. Общая длина колонок в сумме оказалась 35 м. В том числе с точки PG1755 на глубине 7,8 м отобрано 5 кернов с перекрытием друг друга для получения непрерывного разреза (рис. 2). Нижняя часть данного разреза представлена, в основном, зеленовато-серыми частично слоистыми илистыми глинами. Верхние 1,5 м керна характеризуются довольно высокой концентрацией тонкодисперсного органического ила [12].

По разрезам получены первые датировки по ¹⁴C, которые указывают, что верхние слои озерных отложений сформировались в голоцене (см. табл.).

Нижняя часть, по-видимому, имеет возраст, по крайней мере, 30 тыс. лет. Результаты гранулометрического и минералогического анализов также указывают, что около 30 тыс. лет назад произошло значительное поступление оловои пыли в озерные осадки. Это обстоятельство согласуется с обширным образованием лессовидных осадочных пород в водосборном бассейне озера.

Впервые для данного региона отобранные ненарушенные колонки донных отложений озера Биллях являются уникальными и могли бы обеспечить реконструкцию этапа развития озерного седиментогенеза в голоцене, начиная с позднего плейстоцена.

В настоящее время по данным разрезам выполняются литологические, радиоуглеродные и микропалеонтологические (диатомовые, хирономидные, палинологические и др.) анализы, которые обеспечили бы информацией о событиях, происходивших в водосборном бассейне озера в период после-, позднеледниковое время.

Из колонки (PG1755) донных отложений отобрано 59 образцов через каждые 10—20 см интервала, где выполнен диатомовый анализ. Длина колонки 940 см. В ос-

ПЕСТРЯКОВА Людмила Агафьевна — к.б.н., доцент кафедры экологии ГОУ ВПО «Якутский государственный университет им. М.К.Аммосова»; СУБЕТТО Дмитрий Александрович — д.г.н., профессор, зав. каф. физической географии и природопользования Российского государственного педагогического университета им. А.И.Герцена (Санкт-Петербург); ДИКМАНН Бернхард — доктор наук Института полярных и морских исследований им. А.Вегенера (Постдам, Германия).

Результаты радиоуглеродного датирования кернов (PG1755 и PG1756) донных отложений оз. Биллях

Колонка	Глубина, м	^{14}C даты до 1950 г.	Календарный возраст, л.н.
PG1755-2	1,33	9450 \pm 40	10677 \pm 56
PG1755-4	3,97	>20000	
PG1755-4	5,32	27220 \pm 200	
PG1756-2	0,9	1145 \pm 40	1065 \pm 62
PG1756-3	2,14	4400 \pm 300	4998 \pm 398
PG1756-3	4,1	11105 \pm 60	13002 \pm 119

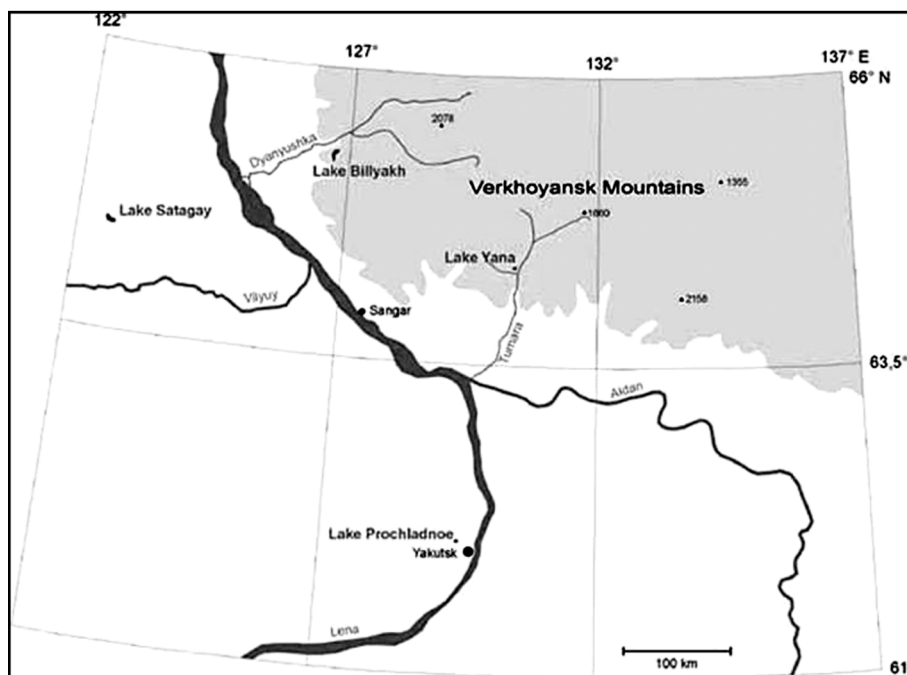


Рис. 1. Картограмма расположения озера Биллях

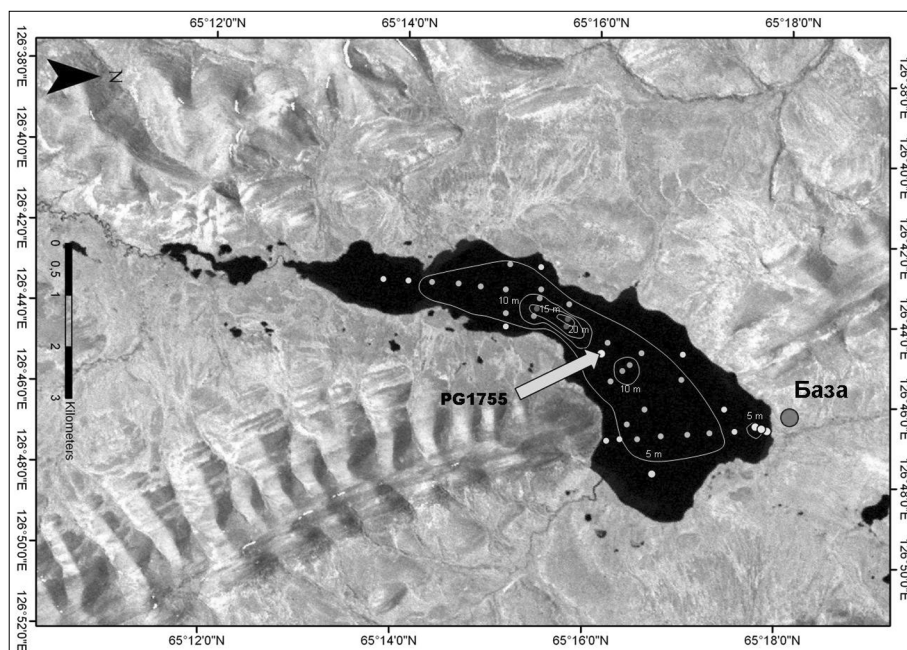


Рис. 2. Место отбора колонок (PG1755, PG1756, PG1757) донных отложений озера Биллях

новании разреза на глубине 130—940 м залегает слой алевроитовой глины, перекрытый толщами вышележащих озерных осадков, представленных органическими сапропелями с прослойками алевроитовой глины.

Камеральная обработка и приготовление постоянных препаратов створок диатомовых водорослей проводились по общепринятой методике [1]. Створки диатомей определялись до вида, разновидности и форм с использованием световой микроскопии (иммерсионный объектив, увеличение 400—1000х).

Выявленная диатомовая флора донных осадков озера Биллях (разрез PG1755) включает 160 видов, относящихся к 36 родам, 17 семействам, 6 порядкам и 3 классам отдела *Bacillariophyta*. Из них 15% флоры обнаружены впервые для территории Якутии.

В развитии палеоводоема можно выделить шесть этапов озерного седиментогенеза и зон развития диатомовых комплексов. Из них три зоны были «немыми» и почти не содержали створки диатомовых водорослей.

Первая зона (интервал глубин 938—730 см) — диатомеи представлены единичными створками, принадлежащими, в основном, к озерно-болотной донной флоре: *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kutz., *Fragilaria construens* Hust., *F.pinnata* Ehr., *Navicula oblonga* Kutz. Единично встречаются переотложенные створки *Paralia sulcata* — вида, характерного для морских палеогеновых отложений.

Вторая зона (интервал глубин 730—530 см, DZ-I) — в толще алевроитовых глин обнаружено около 45 видов диатомей. Концентрация створок составляла от 0,4 до 25,6 млн в 1 г сухого осадка (ств./г). Отличительной особенностью данной зоны является высокий процент участия морских видов, явно переотложенных. В частности, в начальной стадии формирования диатомовых комплексов, на глубине 730 см, абсолютно доминировал (до 96%) морской вид из рода *Thalassiosira* (*antarctica*?). Остальные встреченные виды были пресноводными, принадлежащими к озерно-болотным биотопам.

Выше по разрезу процент участия морских переотложенных видов невелик (до 20%), сохранность их створок плохая: большая фрагментарность, следы растворения, отмечена сильная минерализованность створок. По сравнению с ними современные пресноводные виды имели лучшую степень сохранности. Среди них абсолютно доминировал (19—95%) планктонный вид *Cyclotella iris*, очень редко встречающийся в современных водоемах Якутии. В экологических группах преобладают планктонные виды (70,4%). Из-за фрагментарности многих родов процент неопределенных видов высокий, что не позволяет их отнести к тем или иным видам по отношению к солености (нет данных 49,3%), pH (60%) и по биогеографии (49,3%).

В интервале глубин 530—310 см диатомеи практически отсутствуют (вторая зона без диатомей). Их расчетная концентрация в отложениях составляет до 3 ств./г. Фрагменты створок диатомей представлены пресноводными северными озерно-болотными видами из родов *Pinnularia* и *Eunotia* (*E.praerupta* Ehr.). Кроме пресноводных диатомей отмечены единичные створки морских палеогеновых и представители солоновато-водных видов. Их очевидная экологическая чужеродность и плохая сохранность свидетельствуют об их аллохтонном происхождении.

В следующей зоне (интервал 310—190 см, DZ-II) по сравнению с предыдущим этапом (DZ-I) озерного седиментогенеза отличие в том, что практически во всех изученных образцах большая фрагментарность диатомей видов из родов (*Pinnularia borealis* Ehr., *Eunotia praerupta* Ehr., *Surirella* sp., *Hantzschia* sp., *Tetracyclus* sp.), типичных для озерных, озерно-болотных экосистем. Концентрация створок очень низкая (порядка 0,05—0,18 млн в грамме осадка), общий список диатомей — 25 видов (2 планктонных, 11 обрастателей и 12 донных), однако их распределение по отдельным слоям весьма низкое, от 3 до 12. В целом, видовое разнообразие сократилось до 1,8 раз. Диатомовые комплексы почти всех слоев состояли из бентических форм с преобладанием донных видов (50,4%), на долю планктонных всего 11%. Переотложенные морские формы почти отсутствуют, за исключением *Paralia sulcata* (Ehr.) Cl.

Затем в озере Биллях опять наступает короткий этап формирования осадконакопления без участия диатомовых водорослей (интервал 190—155 см, третья «немая» зона без диатомей).

В последнем периоде (интервал глубин 155—0 см, DZ-III) в развитии диатомовых водорослей отмечены богатое видовое разнообразие (143 вида) и исключительно высокая концентрация их створок (до 97,45 млн в грамме осадка). Сохранность створок хорошая. Состав комплекса неоднороден в экологическом и стратиграфическом отношении.

Основу диатомовых ассоциаций по числу видов составляют роды: *Navicula* (13), *Pinnularia* (12), *Fragilaria*, *Cymbella* (по 11), *Eunotia*, *Achnanthes* (по 9). Большинство встреченных диатомей являются пресноводными видами, характерными для озерно-болотных ценозов арктических районов Евразии.

Соотношение элементов экологической структуры флор отдельных слоев различно. По изменению численности, составу массовых видов и по экологическим группам следует выделить в пределах DZ-III 4 различные фазы (экозоны):

а) первая экозона (интервал 155—145 см, DZ-III-1) — концентрация створок минимальная (0,78 млн в грамме осадка), всего зафиксированы 14 видов, из которых доминирующий комплекс представлен *Stauroneis acuta* W.Sm. (19,3%), *Aulacoseira lirata* (Ehr.) Ross in Hatley (12%) и *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kutz. (11,5%); преобладали донные формы (54%), индифферентные по отношению к солености вод (46%) и алкалофильные формы (46%). Следует отметить, что процент диатомей, указывающих на повышение уровня солености, относительно выше (23,1%). Соотношение форм по биогеографии почти остается равным: арктоальпийские (27%), бореальные и космополиты (по 23,1%).

б) вторая экозона (интервал 145—100 см, DZ-III-2) — пресноводный комплекс диатомей, включает 64 вида и высокую численность створок (до 97,5 млн в грамме осадка) (первый пик расцвета диатомей), состав доминантов, помимо *Aulacoseira lirata* (Ehr.) Ross in Hatley (26%) обогащается за счет эпифитных озерно-болотных форм родов *Fragilaria* (*F.brebstriata*, *F.construens*, *F.pinnata*, *F.lapponica*) и *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kutz. Половина всех форм приходилась на обрастатели (51%), но в первой половине фазы преобладали донные (32%), а во второй, наоборот, — планктонные (41%). Абсолютно до-

минировали также индифференты по отношению к солености (78%) и pH (43%), однако участие видов, предпочитающих кислые воды, также выше (34%).

в) третью экозону (интервал 100—20 см, DZ-III-3) можно обозначить как расцвет планктонных диатомей (56—83%) за счет мелких центрических видов *Aulacoseira lirata* (Ehr.) Ross in Hatley и *Cyclotella tripartite* Nakansson. Отмечено преимущественное преобладание видов, предпочитающих кислые (до 63,4%) воды, они являются стенотермными, северо-альпийскими видами (до 71%), свидетельствующими о понижении температуры водосборного бассейна и снижении количественных показателей диатомей. Концентрация створок диатомей на этот период составила 0,95—17,6 млн/г осадка. Видовой состав сократился почти в два раза.

г) в четвертой экозоне (интервал 20 см до современности, DZ-III-4) в первой половине концентрация створок составила 70 млн/г осадка. Современное состояние озера по данным анализа верхних слоев донных осадков характеризуется некоторым снижением видового разнообразия (28 против 63) и концентрации диатомовых водорослей (22 млн/г осадка). Доминирующий комплекс состоял, в основном, из видов, предпочитающих пресноводно-солонowodную среду (*Cyclotella schumanii* (Grun.) Nakasson, *Gyrosigma strigilis* W.Sm. и др.). Состав диатомовых ассоциаций экологически неоднороден, включает виды, характерные для озер, например, *Tetracyclus glans* (Ehr.) Mills, виды из рода *Diploneis* и типичные представители болотно-почвенных ценозов из родов *Eunotia* и *Pinnularia*, а также *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun., *Navicula amphibola* Cl.

В целом, полученные предварительные результаты, особенно нижние слои озерного седиментогенеза, не позволяют сделать окончательные выводы об этапах развития палеоводоема и требуют дальнейшего детального изучения. Однако верхние сапропелевые отложения содержат обильную и богатую в таксономическом отношении диатомовую флору, включающую виды, широко распространенные в голоценовых отложениях и в современных северных, горных озерах и болотно-почвенных биотопах Арктики.

Литература

1. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли — индикаторы экологических условий водоемов в голоцене. — Л.: Наука, 1985. — 244 с.
2. Назарова Л.Б., Пестрякова Л.А., Ушницкая Л.А., Хубертен Х.-В. Хирономиды озер Центральной Якутии и их индикаторный потенциал для палеоклиматических исследований

// Сибирский экологический журнал. — 2008. — Вып. 15. — №3. — С. 141—150.

3. Пестрякова Л.А. Анализ пространственного разнообразия диатомей озер Якутии // Проблемы региональной экологии. — 2008. — №2. — С. 68—71.

4. Пестрякова Л.А., Субетто Д.А., Герасимова М.А., Андреев А.А., Дикманн Б., Понн Ш. Эволюция природной среды Центральной Якутии в голоцене // Известия РГО. — 2008. — Т. 140. — Вып. 4. — С. 49—62.

5. Diekmann B., Andreev A., Muller G., Lüpfer H., Pestryakova L.A., Subetto D. Expedition «Verkhoyansk-2005» — Limnogeological studies at Lake Billyakh, Verkhoyansk Mountains, Yakutia // Russian-German Cooperation Potsdam. — Yakutsk: The Expedition Central Yakutia-2005. 239—250, 2006.

6. Diekmann B., Andreev A.A., Dirksen O., Dirksen V., Hoff U., Luepfert H., Mueller S., Nazarova L., Pestryakova L., Popp S., Subetto D.A., Werner K. Lake records of late Quaternary environmental changes and palaeoclimate in Northeastern Eurasia // SCAR / IASC meeting in St.Petersburg, 2008. 11—12.

7. Diekmann B., Andreev A.A., Gerasimova M., Nazarova L., Pestryakova L., Popp S., Subetto D.A. Mid to late Holocene Climate Variability in northeastern Siberia — Insights from Permafrost Lake Dynamics / In Limnogeology Congresses — ILIC. 11—14 July 2007, Barcelona, Spain: 23—24.

8. Diekmann B., Kumke T., Andreev A., Popp S., Stachura-Sukhoples K., Pestryakova L., Subetto D. Lake records of environmental changes and palaeoclimate in eastern Siberia Terra Nostra, 2005/2: 11—12.

9. Ksenofontova M.I., Kumke T., Pestryakova L. and Hubberten H.-W. Limnological characteristics of lakes in Central Yakutia. In: Deutsche Gesellschaft für Limnologie (eds.), Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie. — Tagungsbericht 2004. Weisensee Verlag, Berlin, pp. 151—155.

10. Nazarova L., Kumke T., Pestryakova L., Hubberten H.-W. Chironomid fauna of Central Yakutian lakes (Northern Russia) in palaeoenvironmental investigation // Chironomus newsletter on chironomidae research. №18 October 2005, 25—26.

11. Pestryakova L.A. Fossil diatom flora of the yakutian lakes, Eastern Siberia, Russian Federation. Abstracts of 18th International Diatom Symposium, Miedzyzdroje, Poland, 2—7 September 2004, P. 154.

12. Subetto D., Diekmann B., Pestryakova L., Andreev A., Gerasimova M., Popp S., Nazarova L., Stakhura-Sukhoples K., Lüpfer H. Climate and environmental variability in Central Yakutia during the Late Pleistocene and Holocene: new paleolimnological data // IASC, April 2008, England. — 2008. — Pp. 51—52.

13. Wetterich S., Herzschuh U., Meyer H., Pestryakova L., Plessen B., Schirrmeister L. Evaporation effects as reflected in freshwaters and ostracod calcite from modern environments in Central and Northeast Yakutia (East Siberia, Russia) // J. Hydrobiology-2008. 614:171—195.DOI: 10.1007/s10750-008-9505-y.