

УДК 561 (119) + 551.481 : 550.86 (474.2 + 470.23 + 470.25)

Наталья ДАВЫДОВА, Кай КИММЕЛ

К ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ПСКОВСКО-ЧУДСКОГО ОЗЕРА ПО МАТЕРИАЛАМ БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Последние десятилетия Институтом геологии АН ЭССР проводится большая работа по изучению геологического строения и истории развития Псковско-Чудского озера (Ряхни, 1965; Раукас, Ряхни, 1969; Мийдел и др., 1975; Донные отложения..., 1981; Пиррус и др., 1985; Раукас и др., 1988; и др.). Были изучены многие разрезы и скважины в окрестностях озера, но стратиграфия донных отложений современного озера изучена еще недостаточно. В бухте Вярска и в пределах Теплого озера биостратиграфическими методами изучено семь разрезов (рис. 1).

Чтобы получить дополнительные данные о стратиграфии донных отложений озера и уточнить геологическое развитие водоема, нами заложено два новых разреза в южной части Теплого озера в пределах древней речной долины, которая простирается вдоль озера в меридиональном направлении.

Первый разрез (Ляммиярв I) располагается на линии Ряпина—Мтеж, севернее о-ва Салусаар, в 1,3 км от восточного берега. Глубина 7,50 м, мощность осадков 8,25 м (рис. 2). Другой разрез (Ляммиярв II) заложен на 200 м восточнее первого, на глубине 6,50 м (рис. 3), где найдено 2,07 м алевритов.

Образцы на анализы отбирались через каждый 5 см. В разрезе I проанализировано 90, в разрезе II — 27 образцов.

Лабораторной палинологической обработке подвергались образцы объемом 2 см³, куда добавляли три таблетки *Lycopodium* (Stockmarr, 1971) для получения данных об абсолютном количестве пыльцы. Количество подсчитанных зерен древесных пород в образцах составляло 400—500. Основой для расчленения диаграмм послужила местная стратиграфическая схема голоценовых отложений Эстонии (Каяк и др., 1976).

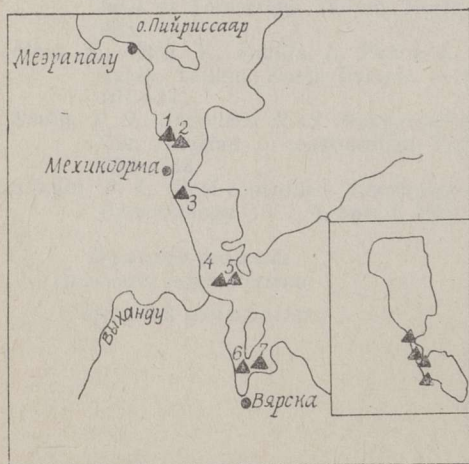


Рис. 1. Изученные разрезы в Теплом озере и в бухте Вярска: 1, 2 — Лаане I, II; 3 — Меексоя; 4, 5 — Ляммиярв I, II; 6, 7 — Вярска I, II.

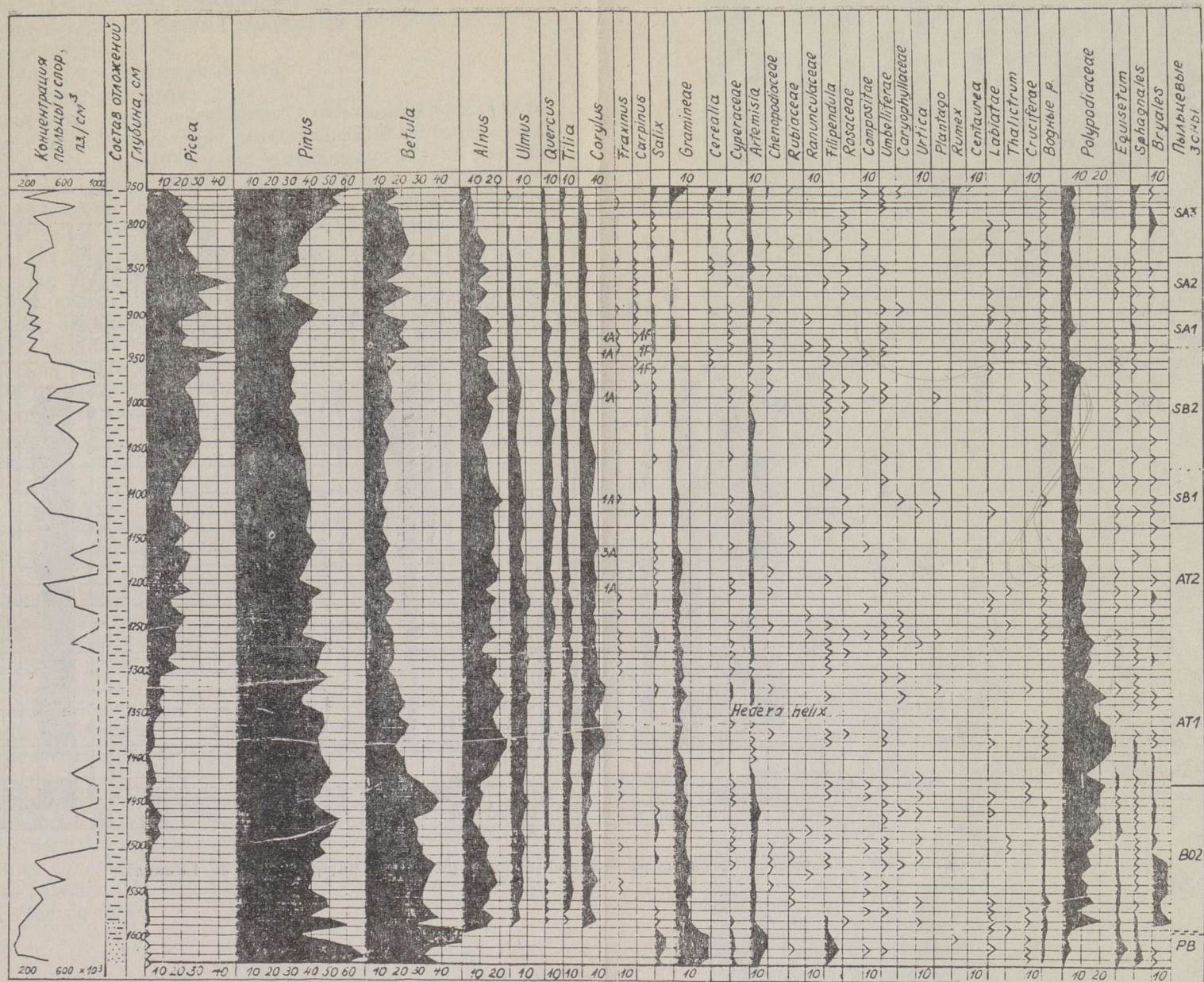


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Лямбиярв I (анализы и интерпретация К. Киммел).

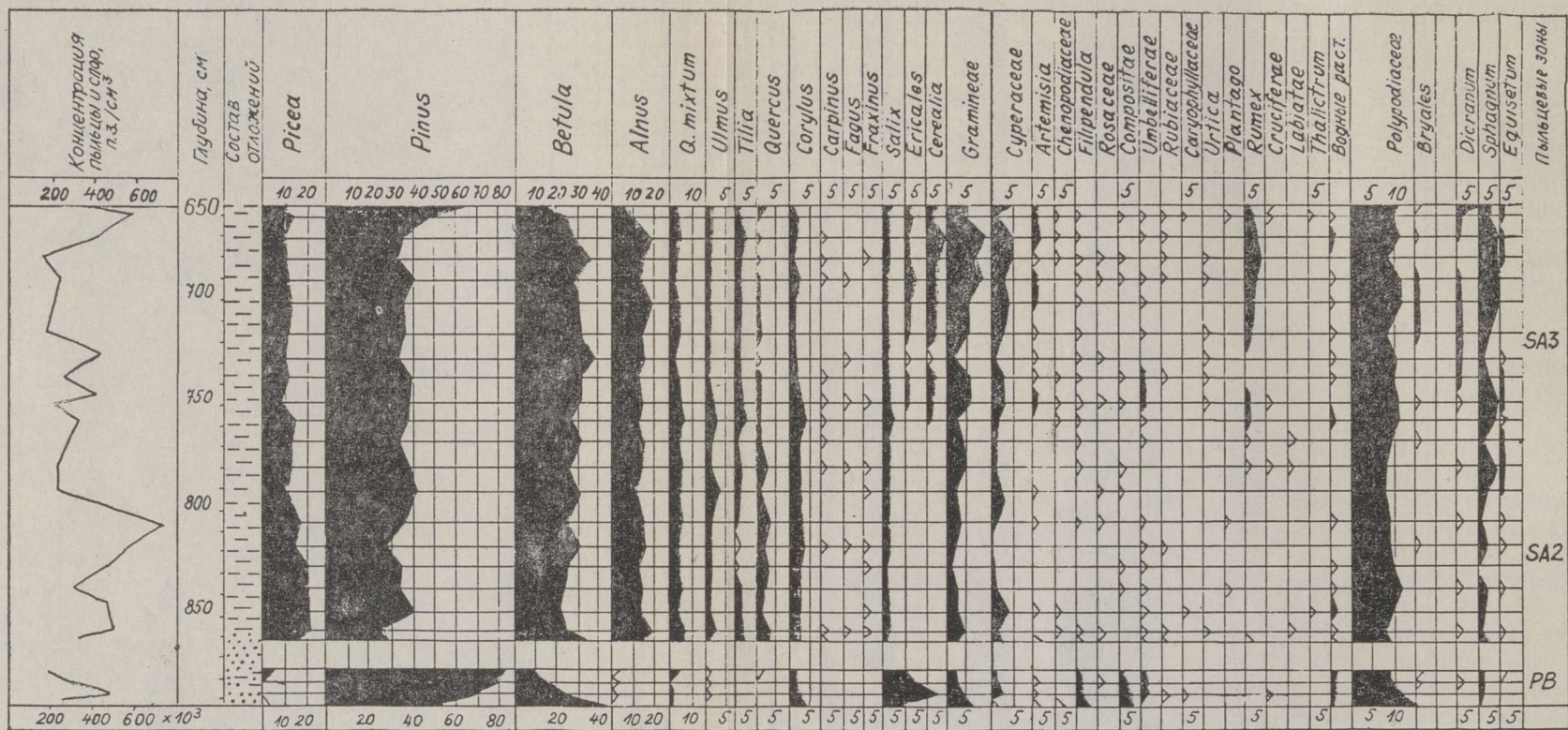


Рис. 3. Спорно-пыльцевая диаграмма разреза Ляммиярв II (анализы и интерпретация К. Киммел).

Геологическое строение разреза Ляммиярв I следующее:
 0,0—8,27 м зеленовато-бурый темный пелитовый алеврит
 8,27—8,32 м алевритистый песок
 8,32—8,49 м алеврит с прослойками песка
 8,49—9,0 м мелкозернистый песок

При стратиграфическом расчленении донных отложений надо учитывать, что через Теплое озеро происходит интенсивный водообмен между Чудским и Псковским озерами, наблюдаются сильные стоковые течения. Их скорость до 51 см/с (Kallejärvi, 1973) достаточна для широкого развития абразионных процессов и значительного перемещения наносов. Течения и сильное волнение несомненно влияли на формирование пылецевых спектров и состав диатомей в осадках. Изучение распределения пылицы в поверхностных пробах Теплового озера показало, что интенсивный размыв и взмучивание донных отложений может вызывать неоднократное переотложение пылицы и спор (Пиррус, 1981).

По палинологическим данным установлено, что базальные пески и алевриты с прослойками песка на глубине 8,27—9,0 м отложились в РВ климатическом периоде. Для спектров характерно полное господство пылицы древесных пород. В нижней части зоны РВ преобладает пыльца сосны (60—70%), в верхней — березы (50—70%). Содержание пылицы других древесных пород ничтожно мало. Пыльца ивы не превышает 2—5%. Среди пылицы травянистых растений (16—28% от общей суммы пылицы и спор) господствуют *Gramineae* (до 32%) и *Cyperaceae* (до 8%). Пыльца *Artemisia* составляет 2—4%. Характерным является высокое содержание пылицы обитателя влажных лугов *Filipendula ulmaria* — 2—7%.

Выше залегает тонкая прослойка алевритистого песка (8,27—8,32 м), где характер спектров изменяется: начинаются непрерывные кривые ольхи (сразу 10—15%), лещины (7%) и широколиственных пород (5%). Такое быстрое изменение спектров говорит о наличии стратиграфического перерыва в отложениях.

Судя по спектрам, выше следуют осадки второй половины ВО периода. Содержание пылицы сосны 40—55%, ольхи 10—20%, постоянно присутствуют кривые пылицы широколиственных пород, а также водных растений (2—5%).

На границе между ВО и АТ климатическими периодами происходит увеличение содержания пылицы ольхи, вяза и липы и уменьшение содержания пылицы березы. Атлантические спектры характеризуются относительно высоким содержанием пылицы широколиственных пород, ольхи и лещины. На глубине 5,95 м найдено зерно теплолюбивого субатлантического вида *Hedera helix*.

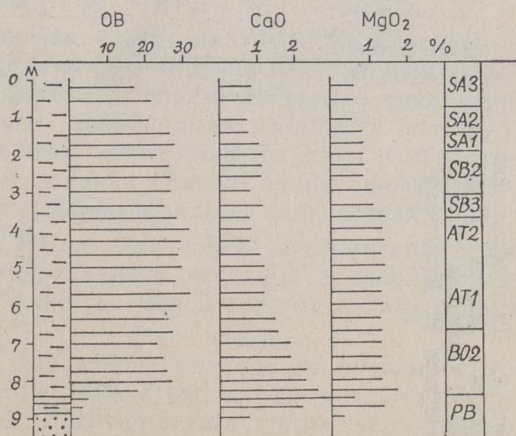
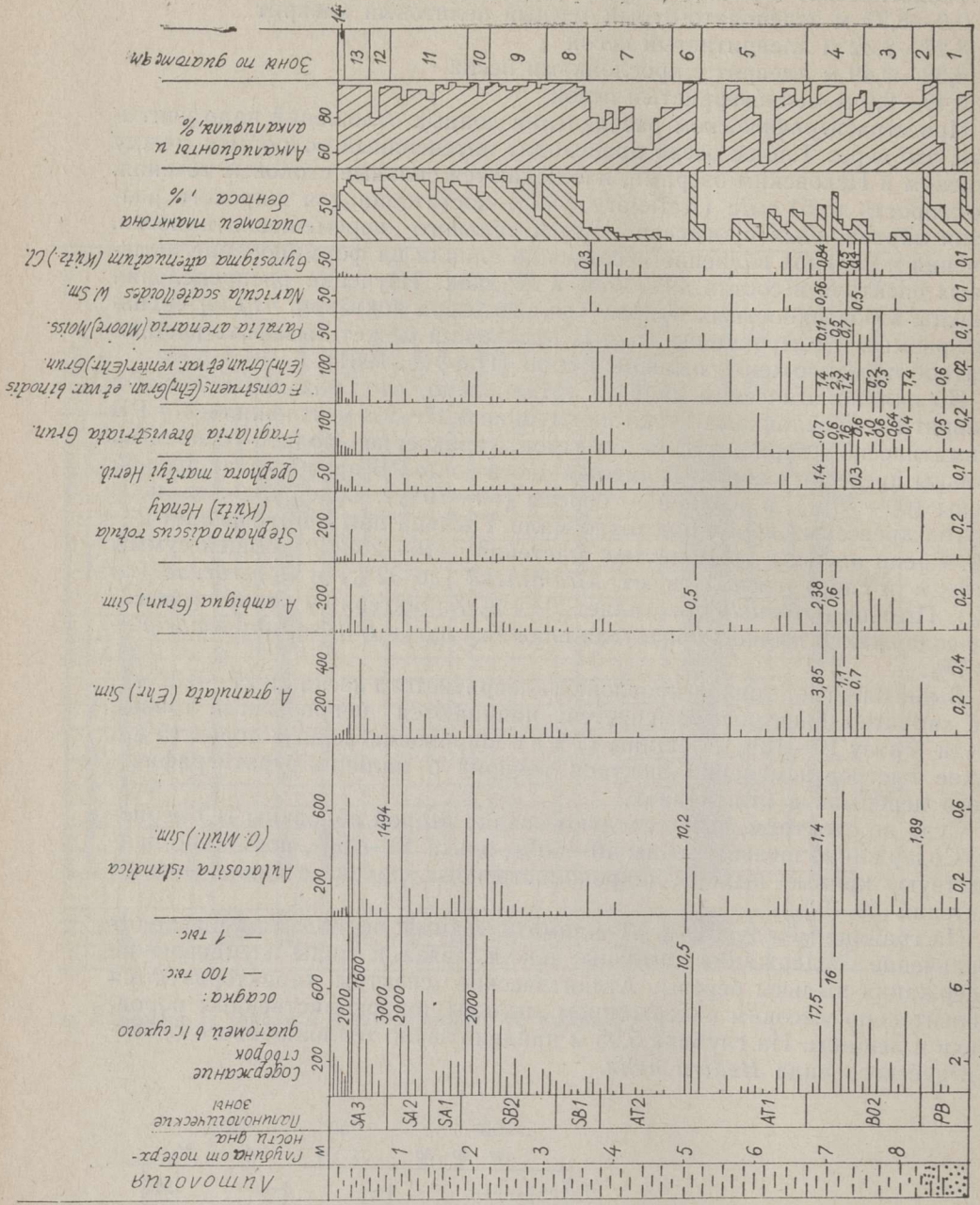


Рис. 4. Содержание органического вещества и карбонатов в разрезе Ляммиярв I (анализы Л. Сяга).

Рис. 5. Диагностическая диаграмма разреза Ляммивья I (анализы и интерпретация Н. Давыдовой).



Граница между АТ и СВ периодами установлена приблизительно на уровне 3,80 м, где начинается медленное падение кривых вяза и лещины. Зону СВ2 (3,30—1,85 м) характеризует четко выраженный нижний максимум ели (25—40%).

В пелитовых алевритах SA периода можно выделить три палинозоны. Палинозона SA1 (1,85—1,44 м) выделяется по уменьшению пыльцы ели, SA2 — по максимуму ели (26—45%), а SA3 — по увеличению пыльцы сосны и уменьшению пыльцы ели.

В целом весь комплекс пелитовых алевритов начиная с ВО периода по химическому составу является довольно однообразным (рис. 4). Содержание органического вещества колеблется в пределах 20—30%. Наиболее высокие концентрации на глубине 4,0—6,0 м, в алевритах АТ климатического периода. Подстиляющие пески бедны органикой (1,5—3,5%). В содержании карбонатного компонента каких-либо существенных различий состава не обнаруживается.

Разрез Ляммиарв II имеет следующее строение:

0,0 —2,07 м темный буровато-серый пелитовый алеврит

2,07—2,25 м мелкозернистый песок

2,25—2,35 м алевритистый песок

2,35—2,50 м мелкозернистый песок

По палинологическим данным, осадки в основании разреза (2,25—2,50 м) сформировались в РВ. В спектрах господствует сосна (55—85%), пыльца березы составляет 10—40%. Пыльца ивы достигает 14%. Пыльца травянистых растений составляет 5—13% от общей суммы пыльцы и спор.

В песчаной прослойке (2,15—2,23 м) пыльца и споры практически отсутствуют. В разрезе наблюдается стратиграфический перерыв, так как вышележащие пелитовые алевриты сформировались уже во второй половине SA периода.

Диатомовый анализ 90 образцов, обработанных по количественной методике, позволил выявить видовой состав диатомей и высчитать содержание их створок в 1 г воздушно-сухого осадка (рис. 5).

В отложениях колонки Ляммиарв I встречено 154 вида и разновидностей пресноводных диатомей — олигогалобов, из них 134 индифферента, 14 галофилов и 6 галофобов. Единично встречены перетолженные створки морской *Thalassiosira excentrica*, чуждой флоре озера.

По характеру диатомовых комплексов в отложениях выделено 14 зон (таблица), различающихся по содержанию створок, видовому составу массовых форм и ряду экологических характеристик. Доминанты составляют более 10% от общего содержания створок и субдоминанты — 5—10% створок каждый.

В отложениях зоны 1, относящейся к РВ, диатомей малочисленны, их содержание не достигает 1 тыс. створок, видовое разнообразие невелико — 25 видов пресноводных диатомей, преимущественно алкалифилов. В доминирующем комплексе преобладают *Aulacosira islandica*, типичная для планктона современных олиготрофных озер, и обрастатели из рода *Fragilaria*. В целом в осадках створки планктонных и бентосных диатомей накапливались примерно в равных количествах.

Зона 2 вмещает осадки конца РВ и низы ВО2 и характеризуется господством планктонных диатомей. Наличие песчаной прослойки, как указывалось выше, возможно, связано со сменой режима седиментации и перерывом в осадконакоплении.

Зона 3, вторая половина ВО2, характеризуется низкой численностью диатомей при господстве бентоса (до 90% створок). Интересно присутствие в доминирующем комплексе *Gyrosigma attenuatum*, характерной для ВО отложений крупных озер Северо-Запада, в том числе — Анци-

лового озера Балтики, и из планктонных *Aulacosira ambigua*, ныне развивающейся в мезотрофных озерах.

В зоне 4, охватывающей верхи ВО отложений, численность диатомей немного возрастает, преобладают, как и ранее, бентосные диатомеи. Планктонные *Aulacosira* в доминирующем комплексе свидетельствуют о мезотрофном или даже слегка эвтрофном характере водоема, а высокий процент донных форм (до 59%) указывает на его мелководность.

Зона 5, первая половина АТ, имеет мощность 150 см и характеризуется низким содержанием створок, господством диатомей бентоса, самым разнообразным по составу доминирующим комплексом (57 видов и разновидностей). Найден единичный осколок *Thalassiosira excentrica*.

Диатомовые комплексы в отложениях разреза Лямбиярв I
(анализы и интерпретация Н. Давыдовой)

Зоны по диатомеям, см	Макс. число створок, тыс.	Створки планктона, %	Диатомеи	
			доминанты	субдоминанты
Д-14 0—5,5	250	44	<i>Fragilaria brevistriata</i> <i>Aulacosira islandica</i> <i>A. granulata</i> <i>Opephora martyi</i>	<i>F. construens</i> et var. <i>venter</i> et var. <i>binodis</i>
Д-13 5,5—45	2000	85	<i>Aulacosira islandica</i> <i>A. granulata</i>	<i>A. ambigua</i> <i>Stephanodiscus rotula</i> <i>Fragilaria brevistriata</i>
Д-12 45—75	325	79	<i>A. islandica</i> <i>A. granulata</i> <i>A. ambigua</i>	<i>F. brevistriata</i>
Д-11 75—185	3000	96	<i>A. islandica</i> <i>A. granulata</i> <i>A. ambigua</i>	<i>Stephanodiscus rotula</i>
Д-10 185—215	2000	83	<i>A. islandica</i> <i>A. granulata</i>	<i>A. ambigua</i> <i>Stephanodiscus rotula</i> <i>Fragilaria brevistriata</i>
Д-9 215—295	900	88	<i>A. islandica</i> <i>A. granulata</i> <i>A. ambigua</i>	<i>F. brevistriata</i>
Д-8 295—355	150	91	<i>A. granulata</i> <i>A. islandica</i>	<i>A. ambigua</i>
Д-7 355—475	1,2	15	<i>Fragilaria construens</i> <i>F. brevistriata</i> <i>Gyrosigma attenuatum</i>	<i>Paralia arenaria</i> <i>Opephora martyi</i> <i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> et var. <i>binodis</i>
Д-6 475—515	10,5	100	<i>Aulacosira islandica</i>	—
Д-5 515—665	1,3	28	<i>Paralia arenaria</i> <i>Fragilaria construens</i> et var. <i>venter</i> <i>Aulacosira granulata</i> <i>A. islandica</i>	<i>Aulacosira ambigua</i> <i>Opephora martyi</i> <i>Fragilaria brevistriata</i> <i>Navicula scutelloides</i> <i>Gyrosigma attenuatum</i>
Д-4 665—745	17,5	27	<i>A. granulata</i> <i>A. ambigua</i> <i>Fragilaria brevistriata</i>	<i>Fragilaria construens</i> et var. <i>binodis</i> <i>Navicula scutelloides</i> <i>Gyrosigma attenuatum</i>
Д-3 745—815	4,4	15	<i>F. construens</i> et var. var. <i>F. brevistriata</i>	<i>Aulacosira ambigua</i> <i>Paralia arenaria</i> <i>Gyrosigma attenuatum</i>
Д-2 815—845	3,2	97	<i>Aulacosira islandica</i>	<i>A. granulata</i> <i>Stephanodiscus rotula</i>
Д-1 845—900	0,7	46	<i>A. islandica</i>	<i>A. ambigua</i> <i>Fragilaria brevistriata</i> <i>F. construens</i> var. <i>venter</i>

Маломощная (50 см) зона 6 отличается господством диатомей планктона, наряду с доминирующей *Aulacosira islandica* появляются планктонные *A. ambigua*, *Cyclotella comta*. Содержание створок очень неравномерное. Возможно, это короткий эпизод обводнения.

Зона 7 — вторая половина АТ и переход к SB, где снова господствуют бентосные диатомеи, причем отмечается увеличение роли ацидофилов, обитателей кислых болотных вод (до 23%).

В зоне 8 происходит резкая перестройка диатомового комплекса: ведущими по численности становятся диатомеи планктона (до 90% и более створок). Бентосные диатомеи менее обильны, хотя и разнообразны по составу. Содержание створок возрастает до 150 тыс.

В зоне 9, вторая половина SB, наблюдается дальнейший рост общей численности диатомей, в основном за счет обитателей планктона. Всего здесь встречено 46 видов и разновидностей, преимущественно алкалофилов. Разнообразие планктона пополняется за счет *Fragilaria capucina* Desm. et var. *mesolepta* и *Stephanodiscus hantzschii*, диатомей мезотрофных и эвтрофирующихся вод.

В зоне 10, верхи SB, продолжается рост общей численности диатомей с постепенным увеличением роли бентоса, растет видовое разнообразие (51 вид и разновидность), появляются планктонные *Cyclotella meneghiniana* и *Synedra berolinensis*, обитатели эвтрофных водоемов.

Зона 11, SA1, начало SA2, время наивысшей численности диатомей в осадках, в основном за счет представителей планктона (до 96% створок). Появляются *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, свидетельствующие о росте эвтрофии, о чем говорит и высокий процент алкалофилов и алкалобионтов (последние составляют до 12% створок). Всего встречено 63 вида и разновидностей.

В зоне 12 содержание диатомей резко падает и становится на порядок ниже, снижается роль планктона, в доминирующем комплексе появляется бентосная *Fragilaria brevistriata*, хотя планктон еще превалирует. Встречено 46 видов диатомей.

В зоне 13 возрастает роль планктона, состав доминантов аналогичен составу зоны 10, количество створок алкалобионтов возрастает до 14%.

Последняя, 14 зона охватывает верхний 5-сантиметровый слой отложений. Диатомовый комплекс здесь заметно изменяется — при общей невысокой численности створок преобладают представители бентоса, главным образом обрастатели.

Таким образом, первый этап развития водоема охватывает РВ, когда осадконакопление происходило в достаточно глубоком бассейне с развитым планктоном и бентосом. Далее в ВО и на протяжении АТ водоем был мелководным, зарастающим, с развитым бентосом.

Наиболее яркий эпизод, установленный методом диатомового анализа, — резкая смена гидрологического режима в начале SB. Осадконакопление начинает происходить в условиях крупного бассейна с развитым планктоном. Оно сопровождается повышением продуктивности, что выражается в росте содержания створок в осадках к концу SB. В первую половину SA (зона 11) водоем достигает максимальной продуктивности (3 млн. створок в 1 г осадка). Этот период охватывает 5 в. до н. э. — 10 в. Зона 12, где содержание створок снижается на порядок, по всей вероятности, соответствует времени Малого ледникового (12—17 вв.). Далее (зона 13) происходит постепенное улучшение климата (17—19 вв.). Последняя зона 14 (отложения 20 в.) характеризуется ростом темпа седиментации, вызванным усилением антропогенного воздействия. Появляются большие заросли макрофитов.

Как известно, в конце позднеледникового времени Малое Чудское озеро занимало небольшую, наиболее глубокую часть Чудской котловины (Раукас, Ряхни, 1969), уровень воды в районе устья Суур-Эма-

йги был на 6 м, а в Выханду — на 10 м ниже современного (Мийдел, 1981). На месте Теплого и Псковского озер на низменной равнине стала развиваться речная сеть. По данным диатомового анализа, первый этап жизни изученного нами водоема охватывает период, когда озеро существовало в небольшой депрессии, сохранившейся после спауска вод приледникового бассейна. В РВ оно было достаточно глубоким, в ВО и АТ — мелководным, зарастающим макрофитами, слабо заболачивающимся. В середине АТ оно, возможно, соединялось с речным руслом и обводнялось.

Итак, наши данные подтверждают высказанное ранее предположение, что Теплое и Псковское озера в конце позднеледникового и в начале голоцена не осушились полностью (Пиррус и др., 1985). В пребореале в южной части Теплого озера отлагались слои мелкозернистого и алевролитистого песка. Отложения первой половины бореала отсутствуют. Во второй половине бореала в разрезе Ляммиярв I началось накопление гомогенного пелитового алевролита с высоким содержанием органического вещества, продолжавшееся в течение всего голоцена. По данным палинологического анализа отложений Вярскасской бухты (Пиррус, Тасса, 1981), незначительное поднятие уровня воды здесь тоже началось во второй половине бореала и с атлантического периода продолжалось интенсивно. По данным диатомового анализа, в южной части Теплого озера установился режим большого озера только в начале суббореала. Повышение уровня воды и расширение озера продолжались постепенно. В разрезе Ляммиярв II (на склоне долины) отложение озерных пелитовых алевролитов началось только со второй половины субатлантического времени. В последние столетия сильно усиливается антропогенное преобразование водосбора и происходит эвтрофирование озера.

ЛИТЕРАТУРА

- Донные отложения Псковско-Чудского озера. Таллинн, 1981.
- Каяк К., Кессел Х., Лийвранд Э. и др. Местная рабочая стратиграфическая схема четвертичных отложений Эстонии. — В кн.: Стратиграфия четвертичных отложений Прибалтики. Вильнюс, 1976, 4—52.
- Мийдел А. О проблемах изучения неотектонических движений в Псковско-Чудской впадине. — В кн.: Донные отложения Псковско-Чудского озера. Таллинн, 1981, 116—126.
- Мийдел А., Ряхни Э., Пиррус Р., Раукас А. Основные этапы развития Псковско-Чудской озерной впадины. — В кн.: История озер в голоцене. Л., 1975, 50—55.
- Пиррус Р. Особенности формирования спорово-пыльцевых спектров поверхностного слоя донных отложений Псковско-Чудского озера. — В кн.: Донные отложения Псковско-Чудского озера. Таллинн, 1981, 42—55.
- Пиррус Р., Мийдел А., Раукас А. К голоценовому развитию Псковско-Чудского озера. — В кн.: Проблемы исследования крупных озер СССР. Л., 1985, 163—167.
- Пиррус Р., Тасса В. Геология месторождения сапропеля в заливе Вярска. — В кн.: Донные отложения Псковско-Чудского озера. Таллинн, 1981, 82—93.
- Раукас А., Ряхни Э. О геологическом развитии впадины и бассейнов Чудского и Псковского озер. — Изв. АН ЭССР. Хим., Геол., 1969, 18, № 2, 113—127.
- Раукас А., Таваст Э., Калм В. Донные и береговые отложения Теплого озера (Ляммиярв). — Изв. АН ЭССР. Геол., 1988, 37, № 3, 103—113.
- Ряхни Э. История развития озерных бассейнов в Псковско-Пейпсиской впадине. — В кн.: Материалы к симпозиуму по истории озер Северо-Запада. Л., 1965, 84—85.
- Kallejärvi, T. Peipsi hoovused. — Eesti Loodus, 1973, nr. 12, 727—731.
- Stockmarr, J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. — Pollen et spores, 1971, 13, 615—621.

Институт озероведения
Академии наук СССР

Институт геологии
Академии наук Эстонии

Поступила в редакцию
23/IV 1990

**PEIPSI JÄRVE PALEOGEOGRAAFIAST
PÕHJASETETE BIOSTRATIGRAAFILISE ANALÜÜSI PÕHJAL**

Peipsi järve paleogeograafia ja põhjasetete stratigraafia täpsustamiseks on uuritud kaht uut läbilõiget Lämmijärve lõunaosas (9,0 ja 2,50 m). Palünoloogilise ja diatomee-analüüsi tulemused võimaldavad teha järeltõlge setete iseloomu ja kujunemistingimuste kohta kogu Holotseeni vältel, kinnitades basseini keerukat arengut sellel etapil.

Natalya DAVYDOVA and Kai KIMMEL

**PALAEOGEOGRAPHY OF L. PEIPSI ON THE BASIS OF BIOSTRATIGRAPHICAL
STUDIES OF BOTTOM SEDIMENTS**

Two new profiles (9.0 and 2.50 m) have been studied in the southern part of L. Peipsi (Lämmijärv I and II) in order to specify the palaeogeography and stratigraphy of bottom deposits of L. Peipsi. The results of palynological and diatom analysis enable to draw conclusions about the sediments character and formation conditions throughout the Holocene, testifying at the same time to the complicated development of the basin at that stage.