

УДК 551.583.7:902.66(571.56+571.65)561(571.56+571.65)

НОВАЯ ЛЕТОПИСЬ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РАСТИТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРНОГО ПРИОХОТЬЯ В ТЕЧЕНИЕ ИЗОТОПНЫХ СТАДИЙ 4–1

*А. В. Ложкин¹, П. М. Андерсон², Т. А. Браун³, Л. Н. Важенина¹, Т. В. Матросова¹,
П. С. Минюк¹, А. Ю. Пахомов¹, Т. Б. Соломаткина¹*

¹ Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: lozhkin@neisri.ru

² Центр четвертичных исследований Вашингтонского университета, США
E-mail: pata@u.washington.edu

³ Центр акселеративной масс-спектрометрии, Калифорнийский университет, США

Непрерывные летописи в осадках Эликчанских озер (Майманджинские горы), опирающиеся на серии радиоуглеродных датировок, показывают неоднократные изменения природной среды за последние 70 тыс. лет. Климатические условия поздненеоплейстоценового интерстадиала (поздний термохрон позднего неоплейстоцена, морская изотопная стадия 3) могли быть близки современным и неоднократно прерывались похолоданиями. Впервые установлены климатические флуктуации во время последней ледниковой стадии (поздний криохрон позднего неоплейстоцена, морская изотопная стадия 2). Реконструкция растительного покрова дополняется карпологическими исследованиями, датированными по радиоуглероду в осадках естественных обнажений. Полученные материалы являются основой для разработки новых стратиграфических схем и корреляции позднечетвертичных событий с другими регионами Берингии и Сибири.

Ключевые слова: осадки озер, палинологические данные, пыльцевые зоны, палеокарпологический анализ, радиоуглеродное датирование, изотопные стадии, поздний неоплейстоцен, голоцен.

В статье рассматриваются результаты исследования осадков озер Северного Приохотья. Полученные данные имеют принципиальное значение для решения палеоклиматических и палеоэкологических вопросов Берингии, менее 14 тыс. лет назад соединявшей северо-восток Азии и северо-запад Северной Америки и сыгравшей решающую роль в формировании арктических климатов и биот.

Понимание истории эволюции позднечетвертичных климатов и растительности Берингии основывается на комплексном анализе, прежде всего палинологическом, осадков ледниковых, связанных с зонами разломов, подпруженных и кратерных озер. Осадки таких озер часто дают непрерывные летописи изменений природной среды в течение одного или более ледниковых циклов и в голоцене. Специализированные исследования предусматривают также, что хронология осадков опирается на радиоуглеродное датирование как

один из важнейших методов периодизации событий за последние 40 тыс. лет, включая сцинтилляционное датирование по объемному органическому материалу и акселеративную масс-спектрометрию с использованием мелких растительных остатков. Для периодизации более древних событий используется оптико-люминесцентный метод. Эти материалы дополняются данными палеокарпологического, диатомового, тефрохронологического, палеомагнитного, литологического, геохимического и других анализов.

Первый опыт исследования озерных осадков для реконструкции позднечетвертичного растительного покрова Северо-Востока Сибири как западной части Берингии относится к 1985 г., когда были подняты керны осадков озер на водоразделе бассейнов Тихого и Северного Ледовитого океанов (Ложкин, Федорова, 1989; О некоторых..., 2000). В 1989 г. организуется первая в Колымском районе международная экспедиция, изучавшая осадки ледниковых озер в хр. Анначаг (Late..., 1993).

Оценка моделей эволюции растительного покрова в зависимости от климатических измене-

© Ложкин А. В., Андерсон П. М., Браун Т. А., Важенина Л. Н., Матросова Т. В., Минюк П. С., Пахомов А. Ю., Соломаткина Т. Б., 2010

ний требует анализа ископаемых пыльцевых летописей по достаточной густой сети расположения объектов наблюдений, поэтому в последующие годы география изучения озерных осадков для реконструкции палеоклиматов значительно расширяется. Полевые работы проводятся на территории между Аляскинским хребтом и северным побережьем зал. Аляска, в районе г. Мак-Кинли, на п-ове Сьюард и о. Святого Лаврентия, на северной Чукотке, включая о. Врангеля, в бассейне р. Анадырь, на юге Чукотки в хр. Кэнкэрэн, в горных районах бассейнов рр. Колыма и Индигирка, Северном Приохотье. В настоящее время программа исследований четвертичных климатов и растительности Берингии основывается на более чем 100 ископаемых озерных пыльцевых записях и 310 спектрах, полученных при палинологическом анализе донных осадков озер (на границе вода – осадок) на Северо-Востоке Сибири и Аляске, отражающих современный пыльцевой дождь в различных фитогеографических районах Берингии (Anderson et al., 2004; Позднечетвертичные..., 2002; Андерсон, Ложкин, 2004).

Одни из наиболее информативных по своей длительности непрерывных климатических записей Берингии установлены при изучении осадков оз. Эликчан-4 в Северном Приохотье (60°44' с. ш., 151°52' в. д.) (рис. 1). Детализация пыльцевых летописей озера позволила получить новые данные об эволюции неоплейстоцен-голоценовой природной среды в юго-западном районе Берингии.

Озеро Эликчан-4 принадлежит бассейну Охотского моря. Это самое крупное (длина 4 км, ширина до 1,3 км) озеро в серии озер, находящихся в глубокой долине у водораздела с бассейном р. Колыма (абсолютная отметка 798,9 м). На крутых склонах окружающих озеро Майманджин-

ских гор развиваются конусы выноса и обширные осыпи, сложенные преимущественно крупнообломочным материалом. Поступая в днище долины, конусы выноса формируют своеобразные «плотины», разделяющие озера друг от друга. Растительность вокруг озера представлена редкостойным лиственничным лесом (*Larix dahurica* Turcz.) с подлеском из кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel), ольховника (*Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar), кустарниковой березы (*Betula middendorffii* Trautv. et Mey.).

На дне озера в его юго-восточной части, где глубина достигает 11 м, установлена сравнительно большая ровная площадка. Здесь с крепкого весеннего льда были пройдены первые скважины. Скважина 1 (рис. 2, 4) вскрыла толщу озерных отложений мощностью 945 см. Для отбора керн использовали поршневой пробоотборник Ливингстона (Wright et al., 1984) и лебедку для усиления давления на пробоотборник и подъема бурового снаряда. Осадки представлены алевроитами с тонкой горизонтальной слоистостью, включающими растительные остатки и прослой мелкозернистого песка. В интервале 213–214,5 см установлен прослой вулканического пепла, датированный 7650±50 л. н. (Ложкин и др., 2004), являющийся маркирующим горизонтом в отложениях озер Северного Приохотья и Колымо-Индигирского района (Позднечетвертичные..., 2002).

Спорово-пыльцевая диаграмма, полученная при палинологическом анализе осадков, вскрытых скв. 1 (см. рис. 2), построена с помощью персонального компьютера с использованием специализированных программ TILIA и TILIA-graph. В левой части диаграммы соотношение групп растительности – пыльцы группы древесных и кустарниковых растений, пыльцы группы травянистых и кустарничковых растений и группы спор – показано от общего количества микрозерен, принимаемого за 100%. Участие каждого пыльцевого таксона дается в процентах от суммы всех пыльцевых зерен, принимаемой за 100%. Процентное содержание спор рассчитывается как относительная величина от общего количества пыльцевых зерен для каждого спорового таксона. Эта диаграмма впервые показала сложные климатические флуктуации в течение позднего неоплейстоценового интерстадиала (как геохронологическое подразделение: поздний термохрон поздней поры неоплейстоценовой фазы). Интерстадиал получил в Приенисейской Сибири название каргинского, в Северной Америке – среднего висконсина. Он сопоставляется с морской изотопной стадией 3 с воз-



Рис. 1. Географическое положение оз. Эликчан-4 и Алут

Fig. 1. Study areas of Elikchan-4 and Alut lakes

растными рамками 64–60–27–25 тыс. л. н. (Imbrie et al., 1984; Bradley, 1985).

Палеоклиматическая летопись осадков оз. Эликчан-4 охватывает интервал около 70 тыс. лет и соответствует морским изотопным стадиям 4–1. Осадки, отвечающие изотопной стадии 3 (пыльцевая зона EL2), занимают положение между двумя травянистыми пыльцевыми зонами (EL1 и EL3) с устойчивым составом спорово-пыльцевых спектров. Спектры зон EL1 и EL3, несомненно, продуцированы тундровыми сообществами, свидетельствующими о весьма глубоких похолоданиях климата. Нижняя пыльцевая зона EL1 отражает растительность, развивавшуюся в период, сопоставляемый с морской изотопной стадией 4 (зырянская ледниковая стадия Приенисейской Сибири, ранний висконсин Северной Америки), а зона EL3 – растительность «сартанской ледниковой стадии» (морская изотопная стадия 2, поздний висконсин).

Мы подчеркиваем это обстоятельство, так как вряд ли можно найти подобное четкое взаимоотношение осадков, соответствующих изотопным стадиям 4, 3 и 2, во фрагментарных разрезах верхне-четвертичных отложений Берингии. К пыльцевой зоне EL3 относятся датировки по радиоуглероду 26270 ± 280 л. н. (CAMS-5166) в интервале 505–515 см и 16840 ± 160 л. н. (CAMS-14603) на глубине 349–350 см.

Отметим, что датировка CAMS-5166 близка к датировке границы позднеплейстоценового

интерстадиала и последней ледниковой стадии на Северо-Востоке Сибири (27400 л. н.) (Ложкин и др., 2000). В отличие от спектров травянистых пыльцевых зон EL1 и EL3 спектры позднеплейстоценового интерстадиала характеризуются весьма значительными изменениями соотношений групп растительности и основных пыльцевых таксонов, отражая сравнительно большие вариации в составе растительности (см. рис. 2).

Изменение в спектрах зоны 2 роли пыльцы таких таксонов, как кедровый стланик (*Pinus pumila*), береза Миддендорфа (*Betula*), ольха кустарниковая (*Alnus*) и др., позволяет выделить пыльцевые подзоны EL2a, EL2b, EL2c, EL2d, EL2e (см. рис. 2). Кроме того, данные палинологического анализа показывают, что в течение позднеплейстоценового интерстадиала климатические условия в целом были более суровые, чем современные. Зона EL4 с радиоуглеродной датировкой 13700 ± 80 л. н. (CAMS-6046) отвечает значительной перестройке растительного покрова Берингии в переходный от неоплейстоцена к голоцену период. В это время в результате резкого и быстрого потепления климата господствовавшие в течение последней ледниковой стадии травянистые тундры замещаются березовыми кустарниковыми тундрами, а затем ольховниково-березовыми тундрами и лесными сообществами. Пыльцевые спектры зоны EL5 (датировки: 7650 ± 50 л. н. – прослой вулканического пепла; 5700 ± 60 л. н., CAMS-14601, глубина 158–160 см;

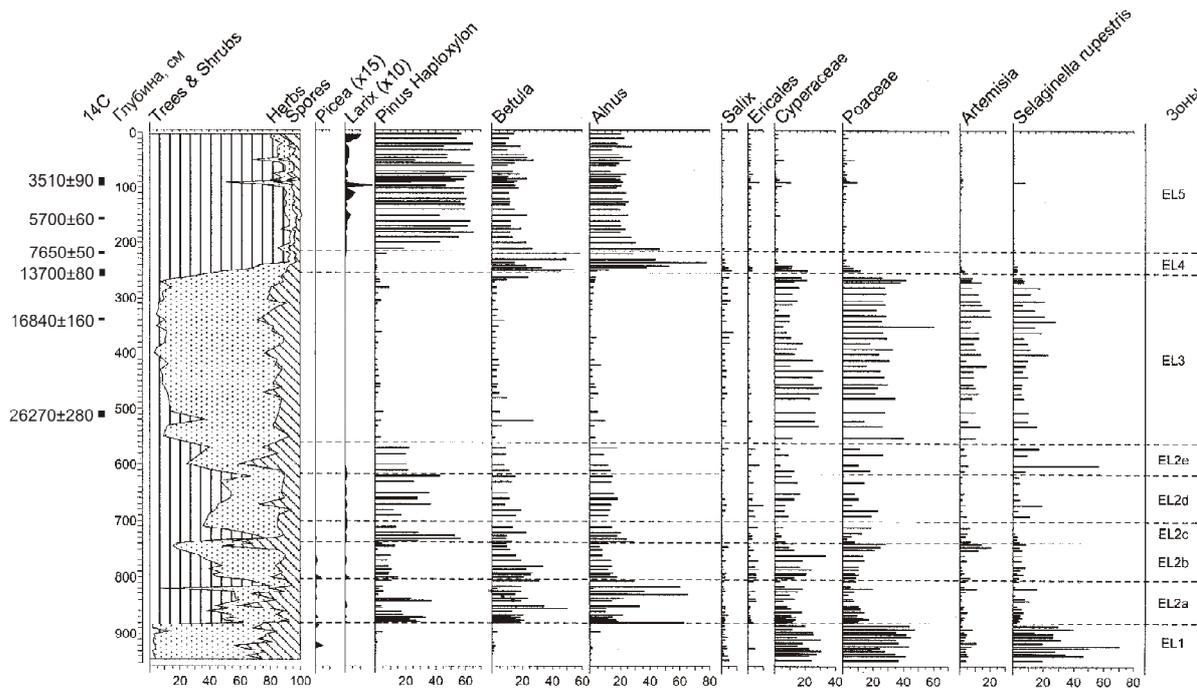


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма осадков оз. Эликчан-4 по данным скв. 1: соотношение групп растительности, основных пыльцевых и споровых таксонов (пояснения в тексте)

Fig. 2. Spore-pollen diagram from Elikchan-4 Lake sediments, Borehole 1: relations between plant groups, the main pollen and spore taxa (explanations are given in the text)

3510±90 л. н., Beta-59380, глубина 85–95 см) свидетельствуют о значительной роли, которую начинает играть кедровый стланик в растительном покрове Западной Берингии около 8 тыс. л. н. Этот кустарник не только образовывал вместе с ольховником и кустарниковыми березами густой подлесок в лиственничных лесах, но и формировал самостоятельные насаждения выше границы леса в горах.

Рассматривая долину Эликчанских озер как один из важнейших районов для решения вопросов эволюции позднечетвертичных климатов и растительности Берингии, мы спустя несколько лет вновь осуществили подъем керн осадков оз. Эликчан-4. Эти исследования планировались в рамках совместной российско-американской программы по изменению окружающей среды Берингии и северо-восточной Азии в четвертичный период. Особое внимание уделялось изучению реакции берингийской растительности на глобальное изменение климата в позднем неоплейстоцене.

Новые скважины пройдены также со льда с использованием пробоотборника Ливингстона и специального устройства для спуска и подъема бурового снаряда, созданного в СВКНИИ ДВО РАН. Для проведения буровых работ была выбрана широкая ровная площадка на дне озера в его центре, где глубина (включая лед толщиной 115 см) достигала 900 см. Мощность осадков, пройденных здесь скв. 13, составила 1032 см. Их характеристика приведена на рис. 3. Прослой вулканического пепла обнаружен в интервале 263–264 см.

Пыльцевая летопись осадков, вскрытых скв. 13, характеризует интервал 250–1032 см (см. рис. 3). Озерные осадки в интервале 0–250 см, залегающие выше прослоя тефры, формировались в течение периода, сопоставляемого со второй половиной атлантического, суббореального и субатлантического периодами голоцена. Как показывают спорово-пыльцевые спектры в верхней части диаграммы на рис. 2, растительность Северного Приохотья в этот период приобрела черты, близкие современным растительным сообществам.

Сопоставляя новую (см. рис. 3) и первую (см. рис. 2) пыльцевые летописи осадков оз. Эликчан-4, нетрудно заметить их подобие. Такое сходство диаграмм – хорошее доказательство надежности палинологического анализа для реконструкции растительности, выделения пыльцевых зон, последовательность которых отражает реакцию растительного покрова на меняющиеся климатические условия. Вместе с тем новая диаграмма, построенная на большом количестве пыльцевых образцов, не только существенно детализирует ранее выполненную реконструкцию эволюции природной среды в течение изотопных стадий 4–2, но и дает основания для выделения кратковременных климатических событий в последнюю ледниковую стадию. Эта диаграмма также построена

на с помощью персонального компьютера с использованием программ TILIA и TILIA-graph. По соотношению групп растительности и основных пыльцевых и споровых таксонов в интервале 250–1032 см выделяется 12 пыльцевых зон (см. рис. 3).

Спектры нижней травянистой пыльцевой зоны 12, сопоставляемой с изотопной стадией 4, отражают похолодание климата. Доминирующая в этих спектрах пыльца Poaceae и Cyperaceae свидетельствует о широком развитии в днищах горных долин тундровых осоковых и злаковых сообществ. Обилие в спектрах спор *Selaginella rupestris* (L.) Spring, высокие содержания пыльцы Papaveraceae, *Artemisia* и других сложноцветных показывают развитие на горных склонах щебнистых и каменистых тундр, осыпей. По всей вероятности, наиболее распространенными представителями кустарниковой растительности горной тундры были ивы (количество пыльцы *Salix* sp., обычно плохо сохраняющейся в погребенном состоянии, в спектрах зоны 12 достигает 4%). В ледниковых рефугиумах вблизи побережья Охотского моря могли сохраняться лиственница, кедровый стланик, ольховник, ольха пушистая (*Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr., березы, ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) как реликты лесных сообществ поздненеоплейстоценового межледниковья. Экстраполяция радиоуглеродных дат с учетом уплотнения нижних слоев озерных осадков не противоречит сопоставлению возраста верхней границы зоны 12 с границей изотопных стадий 4 и 3 около 64 тыс. л. н. (Bradley, 1985).

Зоны 11, 10, 9, 8, 7 и 6 отражают неоднократные изменения растительности, обусловленные климатическими флуктуациями в течение поздне-неоплейстоценового интерстадиала. Эти зоны сопоставляются с пыльцевой зоной EL2 на диаграмме скв. 1 (см. рис. 2) и отвечают морской изотопной стадии 3 (64–27,4 тыс. л. н.). Пыльцевые спектры зон 9, 7, 6 отличаются высоким содержанием пыльцы *Pinus* subgen. *Haploxylon* (которую следует полностью отнести к *Pinus pumila*), *Betula* и *Alnus* (часть пыльцы может принадлежать *Alnus hirsuta*, произрастающему в настоящее время в долине р. Майманджа, в 50 км южнее оз. Эликчан-4). В спектрах постоянно присутствует пыльца *Picea*, встречается пыльца *Pinus* subgen. *Diploxylon* (вероятно, принесенная ветром из ближайших местонахождений), *Larix*. Среди пыльцы травянистых растений преобладает пыльца Poaceae, Cyperaceae, *Artemisia*, Caryophyllaceae, заметную роль играет пыльца Ericales. В целом спектры зон, характеризующих поздненеоплейстоценовый интерстадиал, показывают развитие редкостойных лиственничных лесов на низких склонах гор и в речных долинах, возможно, с небольшой примесью ели, сменявшихся горными лесотундрами, кустарниковыми и травянисто-кустарничковыми тундрами.

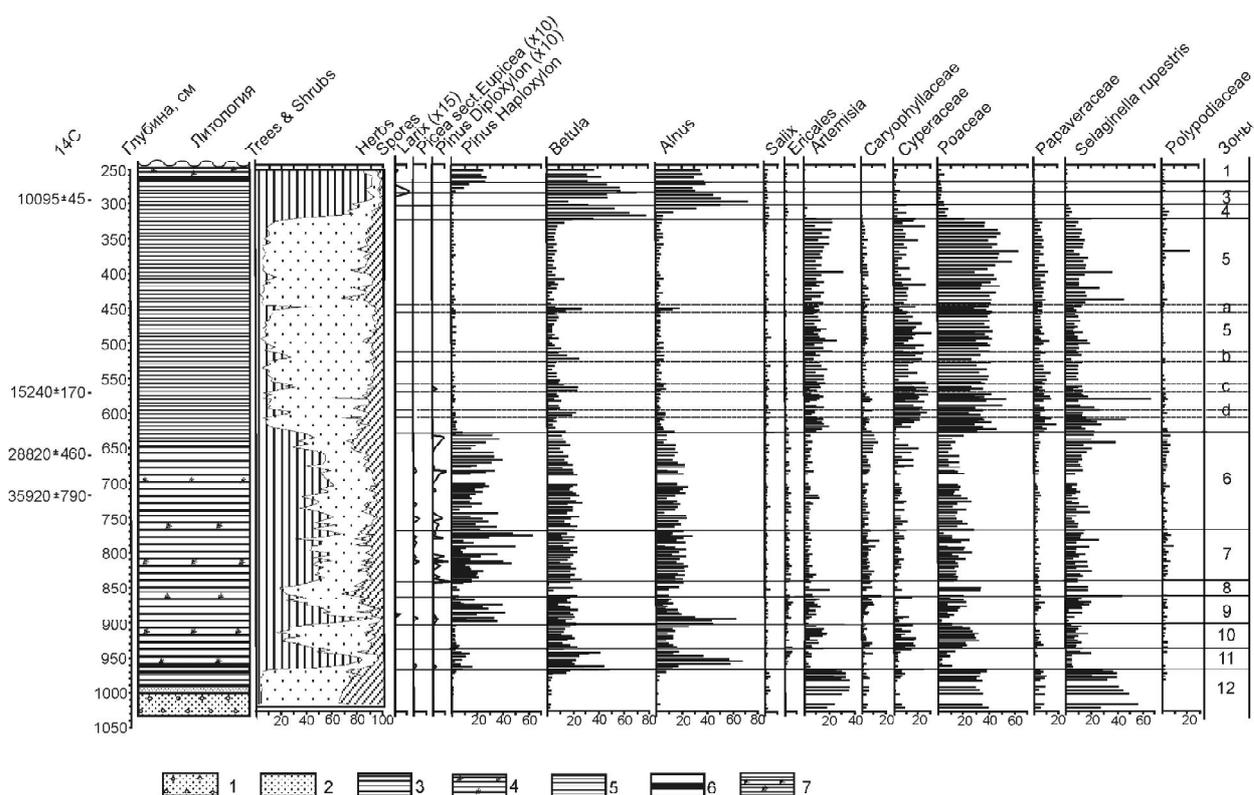


Рис. 3. Соотношение групп растительности, основных пыльцевых и споровых таксонов в спектрах осадков оз. Эликчан-4 по данным скв. 13. Литологическая характеристика: 1 – песок и гравий; 2 – песок тонкозернистый; 3 – алеврит темно-серый плотный горизонтально-слоистый; 4 – алеврит темно-серый плотный горизонтально-слоистый с растительными остатками; 5 – алеврит горизонтально-слоистый; 6 – прослой вулканического пепла; 7 – алеврит с обилием водных растений

Fig. 3. Relations between plant groups, the main pollen and spore taxa in sedimentary spectra of Elikchan-4 Lake, Borehole 13. Lithology: 1 – sand and gravel; 2 – fine-grained sand; 3 – horizontal beds of dark gray compact silt; 4 – horizontal beds of dark gray compact silt yielding plant fragments; 5 – silt horizontal beds; 6 – volcanic ash interbed; 7 – silt abundant with aquatic plants

В позднеплейстоценовый интерстадиал формировался также кустарниковый сосновый пояс выше границы лиственных лесов.

Весьма значительные изменения соотношений групп растительности и основных пыльцевых таксонов в спектрах зон позднеплейстоценового интерстадиала подчеркивают смену относительно теплых и холодных интервалов. Раннему потеплению, названному Эликчан-4 (Андерсон и др., 1998), соответствуют зоны 11–9 (подзона EL2a диаграммы скв. 1). Это потепление охватывает интервал примерно 64–45 тыс. л. н. Внутри его проявилось похолодание (зона 10), отраженное пиком пыльцы травянистых растений. Спорово-пыльцевые спектры показывают, что климатические условия в течение потепления Эликчан-4 могли быть близки климату в переходный от неоплейстоцена к голоцену период. В «теплые» интервалы, отраженные в зонах 7, 6 (подзоны 2с и 2е на диаграмме скв. 1), климатические условия были более суровыми, чем современные, с прохладным и относительно влажным летом.

Выделяемая на пыльцевой диаграмме рис. 3 зона 8 (подзона 2b на диаграмме скв. 1) отвечает

киргияхскому похолоданию (45–39 тыс. л. н.), впервые обоснованному в Западной Берингии серией радиоуглеродных датировок и палинологическими данными в районе находки мамонтика Димы (Шило и др., 1983). Небольшие «пики» пыльцы травянистых растений, установленные в зоне 6, свидетельствуют, вероятно, о кратковременных похолоданиях в конце позднеплейстоценового интерстадиала. В течение этих похолоданий кустарниковые и травянисто-кустарничковые тундры расширяли занимаемые ими площади в горах, а сообщества редкостойных лиственных лесов были «привязаны» к днищам долин.

Травянистая пыльцевая зона 5 характеризует растительность последней ледниковой стадии позднего неоплейстоцена (изотопная стадия 2). Пыльца травянистых в спорово-пыльцевых спектрах этой зоны весьма разнообразна, но подавляющее количество пыльцевых зерен было продуцировано Poaceae, Cyperaceae, Artemisia, Papaveraceae, Caryophyllaceae. Заметное участие в спектрах пыльцы Brassicaceae, Ranunculaceae, Thalictrum, Saxifragaceae, Ericaceae, Scrophulariaceae, Cichoriaceae подчеркивает различные условия ме-

стообитания. Содержание пыльца таких кустарниковых таксонов, как кедровый стланик, ольховник и береза Миддендорфа, обычно незначительно, но пыльца ивы присутствует постоянно (до 6%). Мы полагаем, что растительность последней ледниковой стадии на большей части Западной Берингии представляла сочетание тундровых сообществ – от сухих каменистых склонов с прерывистым покровом из трав и *Selaginella rupestris* до типичных тундровых осоково-моховых сообществ со стелющимися карликовыми ивами с участием кустарниковых берез и ольховника на защищенных участках речных долин.

Детализация пыльцевой летописи зоны 5 позволяет выделить в течение последней ледниковой стадии позднего неоплейстоцена четыре кратковременных климатических события – потепления, отмеченные как a, b, c, d (см. рис. 3). В спорово-пыльцевых спектрах, характеризующих эти события, заметно возрастает роль пыльцы кустарниковых растений, особенно пыльцы *Betula* и *Alnus* (*Duschekia fruticosa*), соответственно до 30 и 20%. Интерполяция показывает, что потепления климата датируются: d – 26 000 л. н. (для этого потепления при анализе первой пыльцевой летописи осадков оз. Эликчан-4 получена радиоуглеродная датировка 26 270±280 л. н. (см. рис. 2); c – 24 000 л. н.; b – 22 000 л. н.; a – 18 900 л. н. (приведенную на пыльцевой диаграмме рис. 3 радиоуглеродную датировку 15 240±170 л. н. мы рассматриваем как омоложенную). Климатические события d, c, b сопоставляются с теплыми фазами, отмеченными в керне ледникового щита Гренландии (Johnsen et al., 1992; Dansgaard et al., 1993; Brigham-Grette et al., 2004).

Пыльцевые зоны 4, 3, 2 и 1 на новой диаграмме осадков оз. Эликчан-4 отражают сложную перестройку растительного покрова Берингии в переходный от неоплейстоцена к голоцену период. Резкое увеличение количества пыльцы *Betula* в спектрах зоны 4, несомненно, связано с развитием кустарниковой березовой тундры, сменившей вследствие потепления климата мозаичные травянистые и травянисто-кустарничковые тундры. Подобная смена спектров установлена во всех озерных пыльцевых летописях Берингии, возраст которых превышает 13 тыс. лет. Зона 4 – типичная для Берингии пыльцевая зона березы. Ее нижняя граница в Западной Берингии датируется 12,4 тыс. л. н., в Восточной Берингии (Аляска) – около 14 тыс. л. н. (Изменение..., 1996; Позднечетвертичные..., 2002; Anderson et al., 2004). Смена зоны березы зоной ольховника (зона 3 с радиоуглеродной датировкой 10 095±45 л. н.) также весьма характерна для пыльцевых летописей Берингии. В спектрах зоны 2 по-прежнему доминирует пыльца *Betula* и *Alnus*, но в заметных количествах (до 15%) присутствует пыльца *Pinus* subgen. *Harpoloxylon* (*Pinus pumila*). Граница зон 2 и 1 со-

падает с первым в Западной Берингии послеледниковым пиком пыльцы *Pinus pumila*, датируемым 8 тыс. л. н. (граница бореального и атлантического периодов голоцена).

Корреляция пыльцевых зон, выделенных на диаграммах скв. 1 и 13, приводится на рис. 4. Эти зоны также сопоставляются с пыльцевыми зонами, установленными при анализе осадков оз. Алут, находящегося в северных отрогах гряды Билибина (60°08' с. ш., 152°19' в. д.) на абсолютной высоте 480 м (Андерсон и др., 1998). Озеро Алут (длина 2000 м, ширина 400 м) занимает узкую широтного направления долину, пересекающую междуречье Олы и Ямы (Майманджа). В западной части озера на глубине 8 м поднят керн длиной 1124 см. На этой глубине встречаются весьма плотные и вязкие алевролиты, что сделало невозможным дальнейшее углубление в осадки. Тем не менее была пробурена одна из наиболее глубоких в Западной Берингии скважин, пройденных в летнее время с деревянной платформы, установленной на резиновом катамаране. Несомненно, осадки в оз. Алут имеют значительную мощность и могут включать информацию об изменении климата и растительности за более длительный отрезок времени, чем это было установлено при палинологическом анализе осадков оз. Эликчан-4. Осуществить подъем керна осадков оз. Алут можно, например, с помощью бурового станка CS-14-800, как это было сделано на оз. Эльгыгытгын (Полярная Чукотка) в 2009 г.

Долина Эликчанских озер является уникальным районом для исследования различных природных процессов в перигляциальной зоне Берингии. Палеокарпоботанический анализ торфяников, вскрытых в обнажении на южном берегу оз. Эликчан-2, дополнил видовыми определениями реконструкцию растительного покрова, охарактеризованного зонами 4, 3 и 2 в пыльцевой летописи осадков оз. Эликчан-4 на диаграмме скв. 13 (см. рис. 3). Для торфяника получена серия радиоуглеродных датировок в интервале 10 370±65 л. н. (МАГ-1287) – 9710±120 л. н. (МАГ-1328). Результаты палеокарпоботанических исследований показали, что развитие растительного покрова в период, соответствующий позднему дриасу и предбореальному периоду голоцена, происходило в несколько этапов: березовое редколесье с зарослями кустарниковых берез (ерники), лиственнично-березовое редколесье, лиственнично-березовый лес с богатым подлеском из кустарниковых берез и ольховника и тополем душистым. Присутствие в ископаемой флоре таких видов, как *Betula platyphylla*, *Populus suaveolens*, *Urtica dioica*, *Reseda* cf. *lutea*, не произрастающих в настоящее время в долине Эликчанских озер, указывает на существенное потепление климата в раннем голоцене. *Urtica dioica* является редким растением, встречающимся лишь в Прибрежно-Охот-

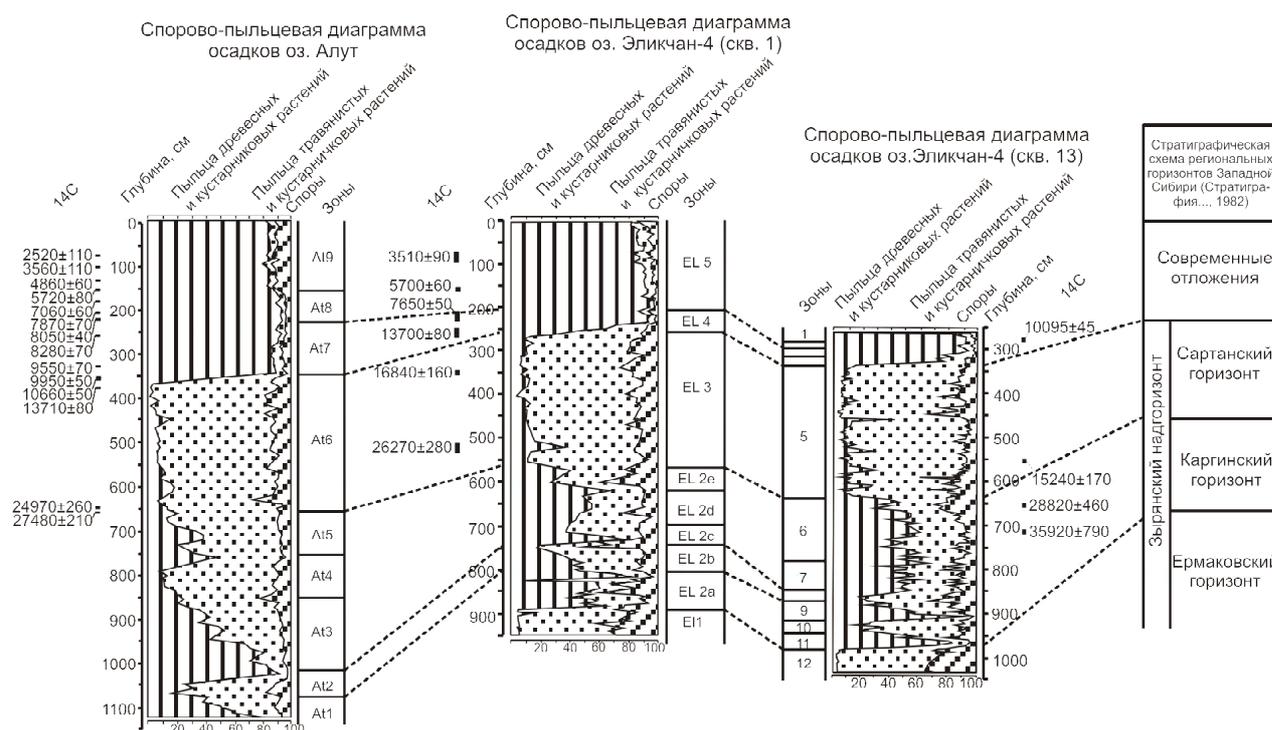


Рис. 4. Корреляция пыльцевых зон в осадках оз. Эликчан-4 (скв. 1 и 13) и Алут

Fig. 4. Correlation of pollen zones from Elikchan-4 Lake (Boreholes 1 and 13) and Alut Lake sediments

ском районе, а резедовые вообще отсутствуют во флоре Западной Берингии (Хохряков, 1985). Погребенные лесные почвы, вскрытые в обнажении на южном берегу оз. Эликчан-2 выше торфяников, свидетельствуют о сильном пожаре, вызвавшем 6005 ± 50 л. н. (МАГ-1327) весьма существенные изменения в растительном покрове.

Наблюдения в районе Эликчанских озер показали, что термокарстовые процессы, проявившиеся вблизи водораздела Колымского и Охотского бассейнов и связанные с вытаиванием жил повторно-жильных льдов, приводят к слиянию болот, небольших озер и образованию сравнительно крупных водоемов. Они также дают основание полагать, что интервал, отвечающий предбореальному и бореальному периодам голоцена, был временем достаточно широкого развития болот и активного формирования торфяников в горных районах и приморских низменностях Западной Берингии. В Эликчанской долине термокарстовые процессы явились одним из главных факторов возникновения оз. Эликчан-1 ($60^{\circ}45' \text{ с. ш.}, 151^{\circ}46' \text{ в. д.}$, абсолютная отметка $792,5 \text{ м}$). Это озеро длиной 900 и шириной 700 м сформировалось на границе Эликчанской долины и сравнительно широкой ровной заболоченной долины, где берет начало р. Малтан, правый приток р. Бахапча, впадающей в р. Колыма. Скважины, пройденные в 300 м от северного берега озера на глубине 2 м , вскрыли осадки мощностью 162 см . В основании колонки обнаружен бурый волокнистый сфагно-

вый торф, датированный на глубине $155\text{--}157 \text{ см}$ 8500 ± 100 л. н. (МАГ-876) и на глубине $160\text{--}162 \text{ см}$ – 8800 ± 100 л. н. (МАГ-875). Прослой вулканического пепла (7650 ± 50 л. н.) установлен на глубине $140\text{--}142 \text{ см}$ (Ложкин и др., 2004). Радиоуглеродные датировки торфяника, установленного на дне оз. Эликчан-1, позволяют сопоставить его с другими торфяными залежами в бассейне р. Колыма (Ложкин, Глушкова, 1997). Во время полевых работ 2009 г. новые скважины были пройдены в центре оз. Эликчан-1 на глубине 250 см . Поднятые здесь керны представлены алевролитами с обилием остатков водных растений и обломками крупных ветвей ольховника в основании разреза. Мощность озерных отложений, залегающих на щебнистых образованиях, составила 247 см . В отличие от первых скважин в новых скважинах не были обнаружены торф и прослой вулканического пепла. Это свидетельствует о том, что оз. Эликчан-1, возникшее на участке развития болот около 9 тыс. л. н., в дальнейшем (после $7,5$ тыс. л. н.) развивается как термокарстовое. Судя по мощности осадков в северной части озера, значительное увеличение его площади происходило в основном в суббореальный и субатлантический периоды голоцена.

Исследования поддержаны ДВО РАН (проекты 09-I-ОНЗ-11, 09-II-УО-08-003), целевой программой ДВО РАН по изучению озерных осадков, РФФИ (06-05-64129, 07-05-00610), Национальным научным фондом США (АТМ-00-117406).

ЛИТЕРАТУРА

- Андерсон П. М., Ложкин А. В. Предисловие к пыльцевым летописям озерных отложений Берингии // Климатические летописи в четвертичных осадках Берингии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2004. – С. 4–26.
- Андерсон П. М., Ложкин А. В., Белая Б. В., Стеценко Т. В. Новые данные по стратиграфии верхнечетвертичных отложений Северного Приохотья // Изменение природной среды Берингии в четвертичный период. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – С. 69–87.
- Изменение растительного покрова Западной Аляски в течение последних 18 000 лет / А. В. Ложкин, П. М. Андерсон, В. Р. Эйснер, Д. М. Гопкинс, Л. Б. Брубейкер // Четвертичные климаты и растительность Берингии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1996. – С. 31–42.
- Ложкин А. В., Глушкова О. Ю. Бореальные торфяники в бассейне Верхней Колымы // Поздний плейстоцен и голоцен Берингии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 1997. – С. 55–62.
- Ложкин А. В., Федорова И. Н. Эволюция растительности и климата Северо-Востока СССР в позднем плейстоцене и голоцене (по данным исследования осадков озер) // Формирование рельефа, коррелятивных отложений и россыпей Северо-Востока СССР. – Магадан : СВКНИИ ДВО АН СССР, 1989. – С. 3–9.
- Ложкин А. В., Андерсон П. М., Матросова Т. В. Вулканический пепел в осадках озер Северо-Востока Сибири // Климатические летописи в четвертичных осадках Берингии. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2004. – С. 108–113.
- Ложкин А. В., Котов А. Н., Рябчун В. К. Особенности палеоботанической характеристики и радиоуглеродное датирование осадков Ледового Обрыва (юго-восток Чукотки) // Берингия в четвертичный период. – Магадан : СВКНИИ ДВО РАН, 2000. – С. 118–131.
- О некоторых особенностях развития озер в горных районах Верхней Колымы / А. В. Ложкин, П. М. Андерсон, О. Ю. Глушкова, Т. Б. Соломаткина, И. Н. Федорова // Там же. – 2000. – С. 20–45.
- Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных) / под ред. П. М. Андерсон, А. В. Ложкина. – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2002. – 370 с.
- Стратиграфия СССР. Четвертичная система. – М. : Недра, 1982. – Полутом 1. – 443 с.
- Хохряков А. П. Флора Магаданской области. – М. : Наука, 1985. – 396 с.
- Шило Н. А., Ложкин А. В., Тумов Э. Э., Шумилов Ю. В. Киргилыхский мамонт (Палеогеографический аспект). – М. : Наука, 1983. – 214 с.
- Anderson P. M., Edwards M. E., Brubaker L. B. Results and paleoclimate implications of 35 years of paleoecological research in Alaska // The Quaternary Period in the United States / ed. by A. R. Gillespie, S. C. Porter, B. F. Atwater // ELSEVIER. – 2004. – P. 427–440.
- Bradley R. S. Quaternary Paleoclimatology (Methods of Paleoclimatic Reconstruction). – Boston : ALLEN & UNWIN, 1985. – 472 p.
- Brigham-Grette J., Lozhkin A. V., Anderson P. M., Glushkova O. Yu. Paleoenvironmental Conditions in Western Beringia before and during the Last Glacial Maximum // Entering America. Northeast Asia and Beringia before the Last Glacial Maximum. – The University of Utah Press, 2004. – P. 29–61.
- Dansgaard W., Johnsen S. J., Clausen H. B. et al. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record // Nature. – 1993. – Vol. 364. – P. 218–220.
- Imbrie J., Hays J. D., Martinson D. G. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record // Milankovich and Climate. – Reidel ; Dordrecht, 1984. – P. 269–305.
- Johnsen S., Clausen W., Dansgaard K. et al. Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core // Nature. – 1992. – Vol. 359. – P. 311–313.
- Late Quaternary Lacustrine Pollen Records from Southwestern Beringia / A. V. Lozhkin, P. M. Anderson, W. R. Eisner, L. G. Rovako, D. M. Hopkins, L. B. Brubaker, P. A. Colinvaux, M. C. Miller // Quaternary Research. – 1993. – Vol. 39. – P. 314–324.
- Wright H. E., Jr., Mann D. H., Glaser P. H. Piston cores for peat and lake sediments // Ecology. – 1984. – Vol. 65. – P. 657–659.

Поступила в редакцию 28.09.2009 г.

NEW RECORDS OF CHANGES IN CLIMATES AND PLANTS THROUGH 4–1 ISOTOPIC STAGES OVER THE NORTHERN PRIOKHOTJE TERRITORY

A. V. Lozhkin, P. M. Anderson, T. A. Brown, L. N. Vazhenina, T. V. Matrosova, P. S. Minyuk, A. Yu. Pakhomov, T. B. Solomatkina

Continuous sedimentary records from Elikchan Lakes (Maimandzha Mountains) and associated series of radiocarbon datings show repeated environmental changes there over the past 70 thousand years. Climate conditions during the late Neopleistocene Interstade (the late thermochron of the late Neopleistocene, sea isotopic stage 3) can approximate modern climate and are characterized by repeated cooling events. Climatic fluctuations are for the first time established for the last glacial stage (the late cryochron of the late Neopleistocene, sea isotopic stage 2). Radiocarbon-dated macrofossils from a nearby exposure supplement the reconstruction of the vegetation cover. These new materials make up the basis for revised stratigraphic schemes and correlations to other regions of Beringia and Siberia.

Key words: lake sediments, palynological data, pollen zones, plant macrofossil analysis, radiocarbon dating, isotopic stages, late Neopleistocene, Holocene.