

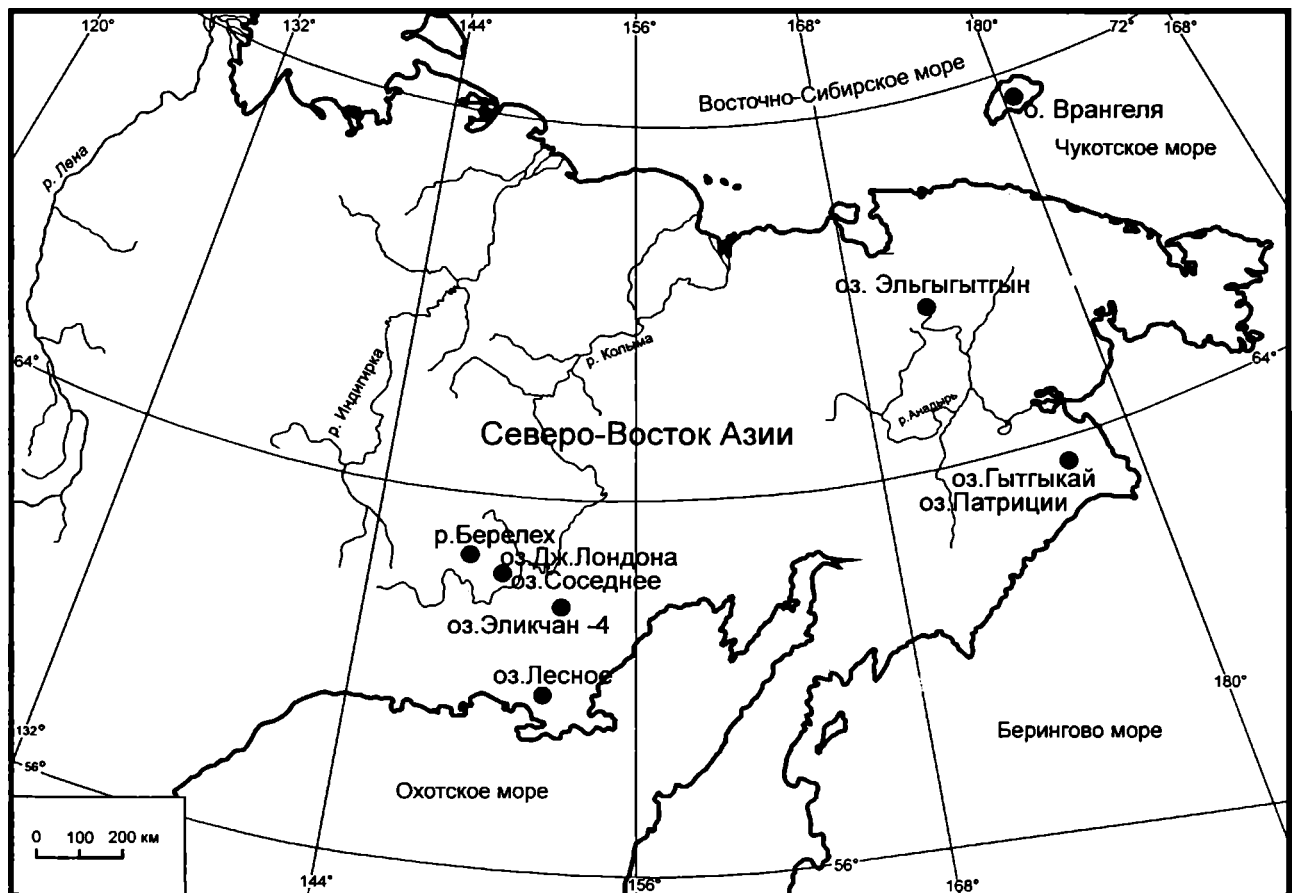
ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНЫЕ КЛИМАТЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЗАПАДНОЙ БЕРИНГИИ

П.М. Андерсон, А.В. Ложкин, Т.В. Матророва

Западная Берингия охватывает территорию от Берингова пролива до Верхоянского хребта и от Восточно-Сибирского и Чукотского морей до северного побережья Охотского моря. Местонахождения (рис. 1), давшие непрерывные летописи изменений растительного покрова и климата в позднем плейстоцене и в переходный от плейстоцена к голоцену период (поздняя пора неоплейстоценовой фазы и голоценовая эпоха), относятся к ше-

сти регионам: 1) Полярная Чукотка; 2) Северная Чукотка; 3) Южная Чукотка; 4) Горная система хребта Черского; 5) Северо-Западное Приохотье; 6) Охотоморского побережье.

Палинологические, палеокарпологические и радиоуглеродные данные характеризуют различные осадки, включая озерные, погребенные торфяники, палеопочвы, аллювия и захоронения мамонтовой фауны (например, Киргиляхский ма-



© N.S. Kazhina, 1985 г., NEISRI FEBRAS, 1998 г.

Рис. 1. Географическое положение местонахождений, рассмотренных в статье

монт в бассейне Верхней Колымы [Шило и др., 1983]). Северное Приохотье – бассейн р. Колыма дали особенно большое количество непрерывных озерных пыльцевых летописей для Северной Азии. Стратиграфические термины, традиционные в Западной Сибири и на Северо-Востоке Европы, иногда используются при хронологических построениях отдельных местонахождений региона. Хотя хронология, разработанная для других отдаленных районов, может не отвечать событиям, установленным в Западной Берингии, но временные интервалы типичны для российских публикаций. Эта терминология может применяться наряду со схемами, основанными на радиоуглеродных датировках.

Резкое и быстрое потепление климата Западной Берингии 12400 л. н. вызвало весьма существенную перестройку растительного покрова. Господствовавшие в ландшафте в течение последней ледниковой стадии (морская изотопная стадия 2) травянистые и травянисто-кустарничковые тундры замещаются довольно однообразной по составу кустарниковой березовой тундрой, а затем березово-ольховниковой тундрой и лиственничными лесами. Относительно теплые и влажные климатические условия в позднем дриасе, пребореальном и бореальном периодах голоцена явились также основной причиной широкого и в целом одновременного образования в регионе торфяников. В бореальный период происходит значительное продвижение крупных кустарников ольховника и ивы на север, включая о. Котельный (75–76° с. ш.). Датированные по радиоуглероду стволы и корни берез, найденные в зоне современной травянисто-кустарничковой тундре (бассейн р. Большая Куропаточья), свидетельствуют, что в бореальный период древовидная береза была распространена на территории Приморских низменностей Якутии. Карпоиды экзотических берез из секции *Costata* были обнаружены также в отложениях аласов на р. Крестовка, правом притоке р. Колыма. На основании этих данных интервал, сопоставляемый с бореальным периодом, в Западной Берингии можно рассматривать в качестве термического оптимума голоцена. Следует также отметить, что убедительные доказательства похолодания позднего дриаса отсутствуют в северной и восточной территориях региона.

Для построения спорово-пыльцевых диаграмм мы использовали компьютерные программы. Участие каждого пыльцевого таксона показано в процентах от суммы всех пыльцевых зерен. Процентное содержание спор приводится как относительная величина от общего количества пыльцевых зерен отдельно для каждого спорового таксона. В левых частях диаграмм показано со-

отношение пыльцы группы древесных и кустарниковых растений, пыльцы группы травянисто-кустарничковых и группы спор.

1. Полярная Чукотка

Развитие торфяников на о. Врангеля 11–10 тыс. л. н. представляет резкий контраст минимальному накоплению органики за последние 6 тыс. лет в южных и центральных районах острова. 20 последовательных датировок по радиоуглероду были получены сцинтилляционным методом и с помощью акселеративного масс-спектрометра для бурого осокового торфа мощностью 110 см, впервые охарактеризованному С.Л. Вартананом в обнажении на берегу р. Мамонтова в центральной гористой части о. Врангеля (71° 10' с. ш., 170° 45' з. д., абсолютная отметка 200 м). Подошва торфяника датирована 10950±60 л. н. (СAMS-18007), верхние слои – 10080±50 л. н. (МАГ-1498). Высокое содержание пыльцы *Betula* в пыльцевых спектрах торфяника (рис. 2), а также находки макрофоссилий *Betula exilis* Sukacz., *Empetrum nigrum* L., *Rumex beringensis* Jur. Et Petr., экзотических сейчас для о. Врангеля видов, свидетельствуют о более умеренном по сравнению с современным климате позднего дриаса.

Видовым разнообразием характеризуется ископаемая семенная флора торфяной залежи в нижнем течение р. Тундровая, пересекающей Тундру Академии на севере о. Врангеля (71° 30' с.ш., 179° 40' з.д.). Л.Н. Важенина показала, что эта флора отвечает существованию мохово-осокового (мезотрофного) болота, а относительно высокая роль во флоре таких экзотов, как *Betula* sect. *Nana*, *Empetrum nigrum*, *Ericaceae* cf. *Phyllodoce caerulea* (L.) Bar., предполагает ее развитие в условиях климата более теплого и влажного, чем современный. Радиоуглеродные датировки, 10010±130 л. н. (LU-2585), 9910±120 л. н. (LU-2582), позволяет сопоставить время формирования ископаемой флоры р. Тундровая с пребореальным периодом голоцена [Важенина и др., 2004].

2. Северная Чукотка

Наиболее полная последовательная пыльцевая летопись изменений климата и растительности Берингии за последние 350 тыс. лет установлена в верхнем 1650-см слое осадков кратерного оз. Эльгыгытгын. Озеро образовалось около 3,5 млн л. н. при падении метеорита в районе с координатами 67° 30' с. ш., 172° 05' в. д. Размеры озера 14x12 км; абсолютная отметка поверхности воды 489 м. Окружающие озеро вершины Анадырского плоскогорья поднимаются до 600–1000 м. Крутые

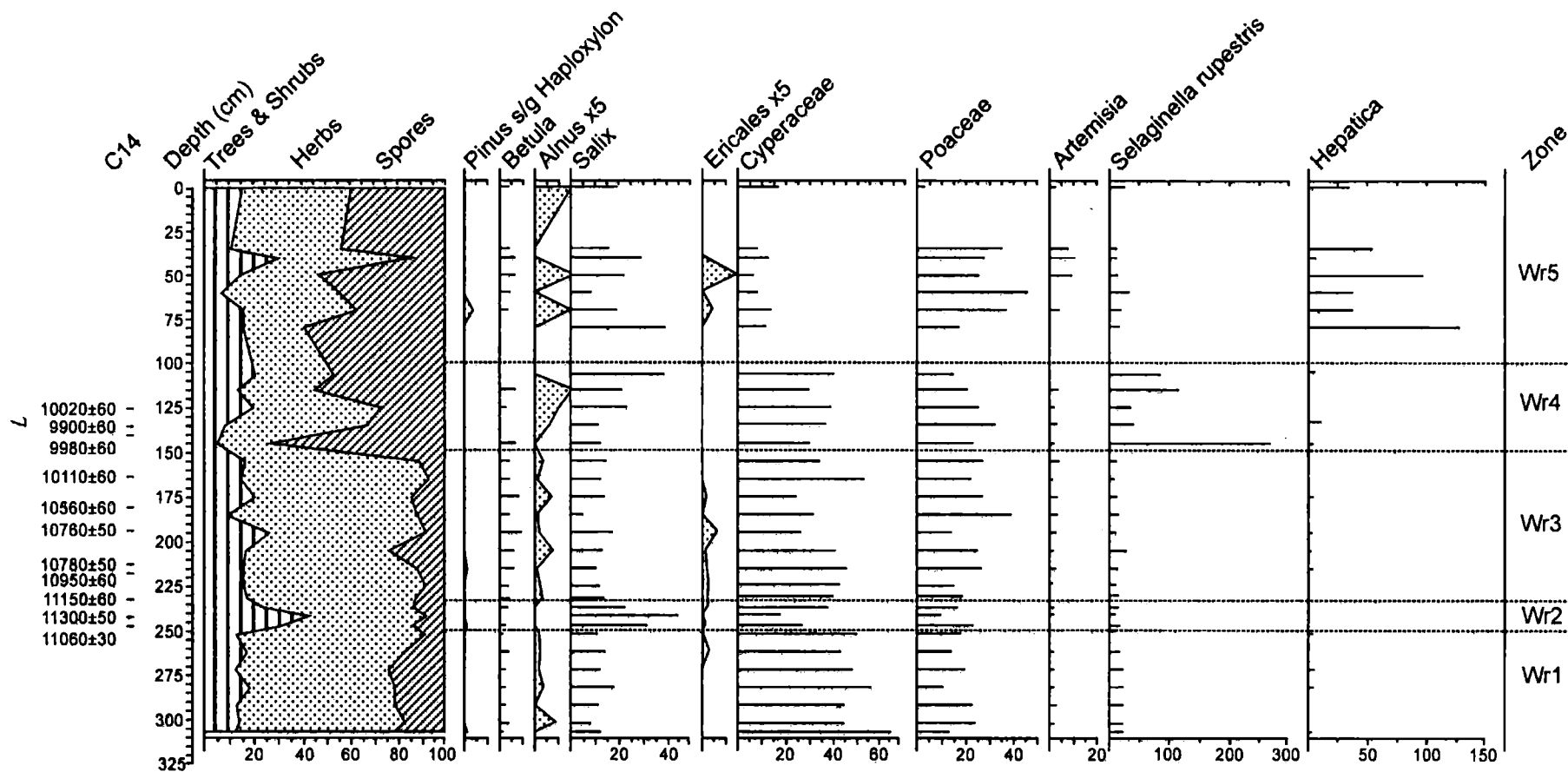


Рис. 2. Спорво-пыльцевая диаграмма осадков в обнажении на р. Мамонтовая (о. Врангеля)

на севере и западе и относительно пологие на востоке и юге склоны покрыты кустарничково-лишайниковой тундрой с низкорослыми ивами на защищенных участках. Центральная часть озера (диаметром 9 км) имеет сравнительно ровное дно с глубинами до 173 м. Здесь пройдены скважины, вскрывшие алевролиты, на некоторых уровнях с ясной тонкой слоистостью и примесью песка.

Результаты палинологического анализа осадков обобщены на диаграмме (рис. 3), не включающей образцы, содержащие менее 300 пыльцевых зерен. Обращает внимание очень четкое отражение двух важнейших палеоклиматических рубежей. Резкое изменение спорово-пыльцевых спектров в интервале 47–75 см (пыльцевая зона E2) свидетельствует о весьма существенной перестройке растительного покрова: смене господствовавшей в период максимального похолодания климата в конце позднего плейстоцена (морская изотопная стадия 2 [Bradley, 1985]) мозаичной травянистой тундры (зона E5) кустарничковой березовой, а затем крупнокустарничковой ольховниково-березовой тундрой. Подобная смена установлена во всех переходных от плейстоцена к голоцену озерных пыльцевых летописях Западной Берингии около 12400 л. н. [Late Quaternary..., 2002]. Первое значительное увеличение после ледникового интервала роли пыльцы *Pinus*, как это отражено в спектрах зоны E1, датируется в Западной Берингии 8 тыс. л. н. Таким образом, пыльцевые зоны E2 и E1 отвечают морской изотопной стадии 1.

Получено первое убедительное свидетельство значительного потепления климата Берингии в начале позднего плейстоцена (пыльцевые зоны E 10-8) – морская изотопная стадия 5 (микулинский климатохрон, сангамон; в Приенисейской Сибири – казанцевский горизонт). В это время в районах современной гипоарктической тундры доминировали сообщества крупнокустарничковых тундр с *Pinus pumila* (Pall.) Regel, *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, подобные переходным между тундрой и тайгой фитоценозам Чукотки, и лиственничные леса. Изменения в соотношениях основных кустарничковых таксонов (*Pinus pumila*, *Betula*, *Alnus*) позволяют выделить изотопные подстадии 5e (зона E10, пики пыльцы березы и ольхи отвечают максимуму потепления), 5d (зона E9 – похолодание, отраженное пиком пыльцы кедрового стланика). Можно предположить, что вторая половина зоны E9 и зона E8 включают изотопные подстадии 5c (потепление, увеличение количества пыльцы ольхи), 5b (развитие сообществ березы) и 5a (распространение крупнокустарничковых тундр, аналогичных тундрам Южной Чукотки).

В верхней части диаграммы выделяются две травянистые пыльцевые зоны (E7, E5) с устой-

чивым составом спорово-пыльцевых спектров. Спектры зоны E7, сопоставляемой с изотопной стадией 4 (60–74 тыс. л. н.), несомненно, продуцированы тундровыми злаково-травянистыми сообществами, отражающими глубокое похолодание климата. Спектры зоны E5, отнесенной к изотопной стадии 2 (27,4–12,4 тыс. л. н.), подчеркивают преимущественное распространение ксерофитных тундровых сообществ. Эта зона соответствует максимуму последнего ледникового, который рассматривается как главный климатический рубеж плейстоцена с низким гляциоэвстатическим уровнем океана, глубоким похолоданием, ксерофитизацией [Величко, 1968].

В отличие от спектров травянистых пыльцевых зон E5 и E7 спектры зоны E6 характеризуются заметным изменением на разных уровнях роли основных пыльцевых (особенно кустарничковых) и споровых таксонов, что указывает, очевидно, на неоднократные климатические флюктуации. Зона отвечает изотопной стадии 3 (60–27,4 тыс. л. н.), хотя не исключено, что этой стадии принадлежат также нижние слои зоны E5. Спектры зоны E6 отражают полынно-злаковые тундры с небольшим участием кустарничков, развивавшиеся в более суровых, чем современные, климатических условиях.

Мы полагаем, что палеоклиматическая летопись, отраженная в верхнем слое осадков оз. Эльгыгытгын, соответствует морским изотопным стадиям с 1 по 10. Выделенные на диаграмме пыльцевые зоны с E11 по E23 показывают сложные климатические изменения среднего звена неоплейстоцена, включая межледниковые изотопные стадии 7 и 9. Дальнейшее исследование оз. Эльгыгытгын может внести важный вклад в понимание природы и прогнозирования ледниковых и межледниковых изменений, резких климатических колебаний и может быть ключевым в изучении Тихоокеанской и Североатлантической систем атмосфера–океан–континент.

Палинологические и карпологические анализы торфяников, вскрытых в обрывах речных террас вблизи оз. Эльгыгытгын (67° 26' с. ш., 172° 13' в. д.), показывают широкую экспансию ольховника в районы современной травянисто-лишайниковой тундры [Шило и др., 2008]. Радиоуглеродные датировки по крупным стволам и обломкам ветвей *Duschekia fruticosa*, – 9250±90 л. н. (МАГ-1477), 9125±30 л. н. (МАГ-994), 8120±25 л. н. (МАГ-1478), позволяют сопоставить время накопления торфяников с бореальным периодом голоцена. В торфянике были найдены также орешки *Betula sect. Nana*, *Duschekia fruticosa*, но особый интерес представляет находка хвои *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. Присутствие остатков лиственницы в торфя-

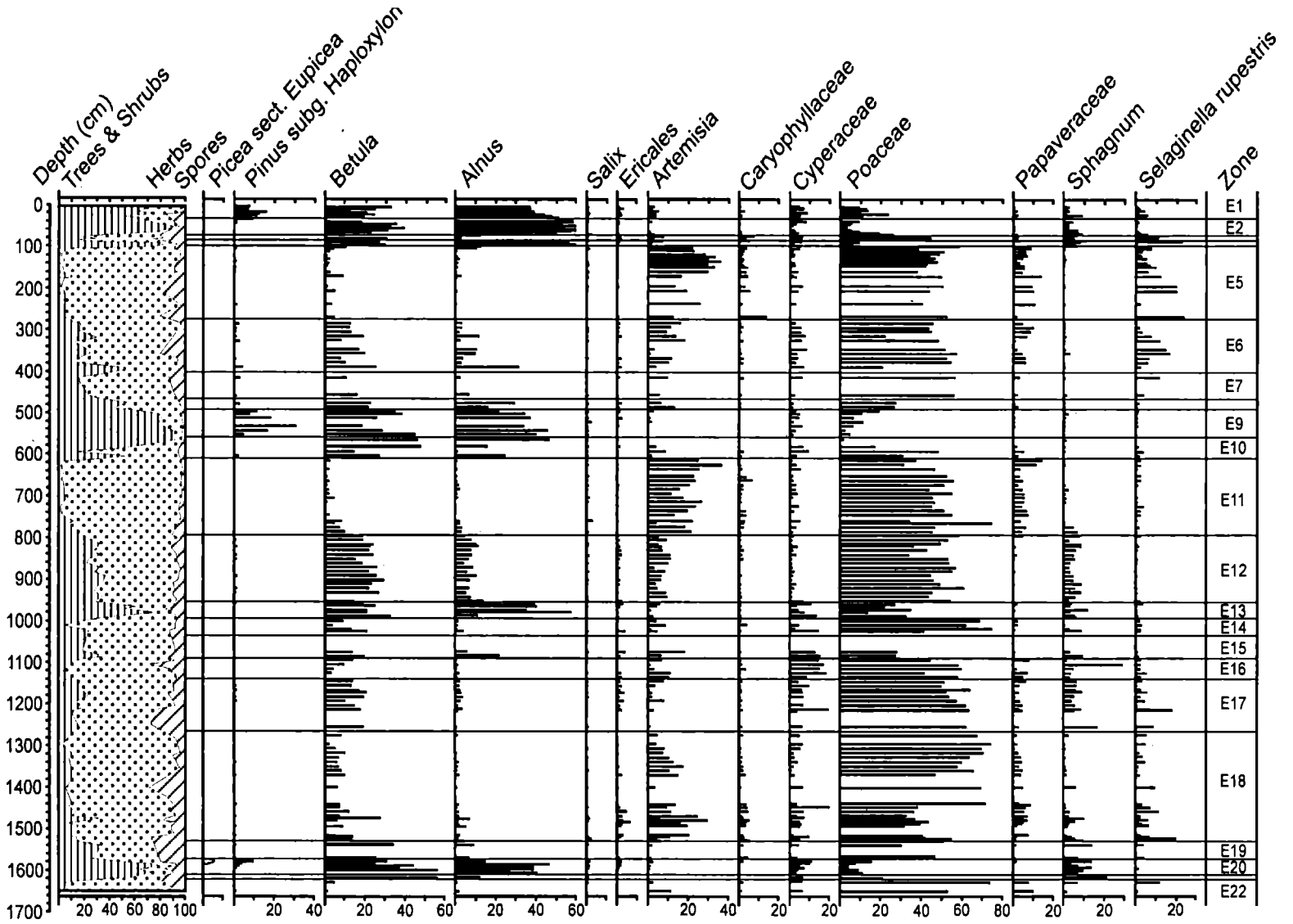


Рис. 3. Соотношение групп растительности, основных пыльцевых и спорных таксонов в спектрах осадков оз. Эльгыгытгын

нике вполне определенно свидетельствует о том, что около 9–8 тыс. л. н. она произрастала в окрестностях оз. Эльгыгытгын, т. е. на 400 км севернее границы ее современного ареала на Чукотке.

3. Южная Чукотка

Исследование осадков оз. Гытгыкай и Патриции на юге Анадырской депрессии дает последовательную летопись изменений климата и растительности в течение тридцати тысяч лет. Озера находятся у западных отрогов хребта Кэнкэрэн в зоне крупнокустарниковой *Pinus pumila*, *Duschekia fruticosa* тундры (63° 10' с. ш., 176° 45' в. д.). Широко развитые здесь ледниковые и водно-ледниковые отложения слагают разнообразные формы рельефа – конечные и боковые морены, камы, зандровые поля. В «чашах», образованных моренами высотой 15–40 м, сформировались оз. Патриции, а в 10 км к северо-западу от него – оз. Гытгыкай. Склоны и плоские вершины морен покрыты кедровым стлаником, образующим также заросли на ровной поверхности каменистой тундры, и совместно с ольховником, кустарниковыми березами (*Betula middendorffii* Trautv. et Mey) и ивой – на склонах гор, по берегам рек и озер.

Оз. Патриции (абс. отм. уровня воды 121 м) достигает в длину 800 м и в ширину 500 м. В центральной части озера на глубине 11 м установлена ровная площадка, где были пройдены скважины, вскрывшие 512-см сравнительно монотонную толщу алевритов (до подстилающей их морены). В центре оз. Гытгыкай (длина 1350 м, максимальная ширина 1000 м, абс. отм. 102,5 м) на глубине 515 см подняты керны, показавшие полную мощность осадков 971 см. Они представлены серым тонкослоистым алевритом с включениями прослоев органики и тонкозернистого песка.

Последовательная смена пыльцевых спектров в осадках озер Гытгыкай и Патриции и литологические особенности кернов свидетельствуют о том, что осадки не подвергались контаминации. Действительно, пыльцевые диаграммы озер Гытгыкай (рис. 4) и Патриции (рис. 5) весьма схожи. Вместе с тем радиоуглеродные датировки показывают, что диаграмма оз. Гытгыкай по сравнению с диаграммой оз. Патриции, охватывает больший возрастной интервал. Этот интервал включает последнюю ледниковую стадию, очевидно в ее полном объеме, так как основание керна в оз. Гытгыкай может быть датировано 27,4–27 тыс. л. н. Таким образом, выделяемые в нижних частях обеих диаграмм травянистая пыльцевая зона наиболее полно представлена в осадках оз. Гытгыкай, где она подразделяется на три подзоны GY1A

(971–853 см), GY1B (853–530 см), GY1C (530–347 см). Верхняя граница травянистой пыльцевой зоны проводится по резкому изменению спорово-пыльцевых спектров травянисто-кустарничковой тундры до спектров крупнокустарниковой березовой и березово-ольховниковой тундры, которому соответствует радиоуглеродная датировка 12300±50 л. н. (CAMS-19048, гл. 322–325 см).

Пыльцевые спектры осадков озер Гытгыкай и Патриции (рис. 4, 5) показывают, что во второй половине позднего плейстоцена в районе хр. Кэнкэрэн преобладали осоковые, злаково-осоковые, полярные тундры. Компонентами локальных ландшафтов являлись каменистые участки с *Selaginella rupestris*, Asteraceae, Cichoriaceae, Brassicaceae и сохраняющиеся долгое время летом снежные «пятна» с *Salix* spp., *Ranunculus*, Polygonaceae. Чрезвычайно низкое содержание пыльцы кустарниковых таксонов (таких как *Salix*, *Betula*, *Alnus*) подчеркивает суровые климатические условия в течение подзоны GY1A. Очень низкое содержание пыльцы *Pinus* (мы полагаем, что пыльца *Pinus* subgen. *Haploxylon* принадлежит виду *Pinus pumila*) указывает скорее всего на ее ветровой занос, хотя можно допустить, что кедровый стланик выживал в защищенных местах в долинах с достаточно высоким снежным покровом, устанавливавшимся ранней осенью. Вероятно, увеличение количества пыльцы *Salix*, *Betula*, *Alnus* в подзоне GY1B доказывает распространение кустарников в низинах и на склонах средней высоты. Полярная, очевидно, занимала верхние части сухих прогреваемых солнцем склонах, особенно если нижние склоны были заняты кустарниковой растительностью.

В подзоне GY1C и соответствующей ей на диаграмме оз. Патриции зоне PA1 намечаются признаки расширения влажных сообществ: увеличивается содержание пыльцы Cyperaceae, Ranunculaceae, *Rumex*, появляется пыльца *Rubus chamaemorus*, сокращается количество пыльцы *Artemisia*, Poaceae. Кустарниковые сообщества *Betula* и *Alnus* были, по всей вероятности, весьма редки и/или первоначально включали ассоциации полярной, произраставшие на сухих участках речных долин. В заключительную фазу зоны PA1 некоторые стелющиеся формы ивы (*Salix arctica*) могли образовывать заросли на склонах средней высоты, а другие виды (*Salix lanata*) произрастать на достаточно влажных участках вблизи озер и рек или снежников. Мы полагаем, что особое внимание при реконструкции растительности в ледниковый интервал позднего плейстоцена следует уделять анализу экологических требований второстепенных пыльцевых и споровых таксонов. Например, роль второстепенных таксонов, таких

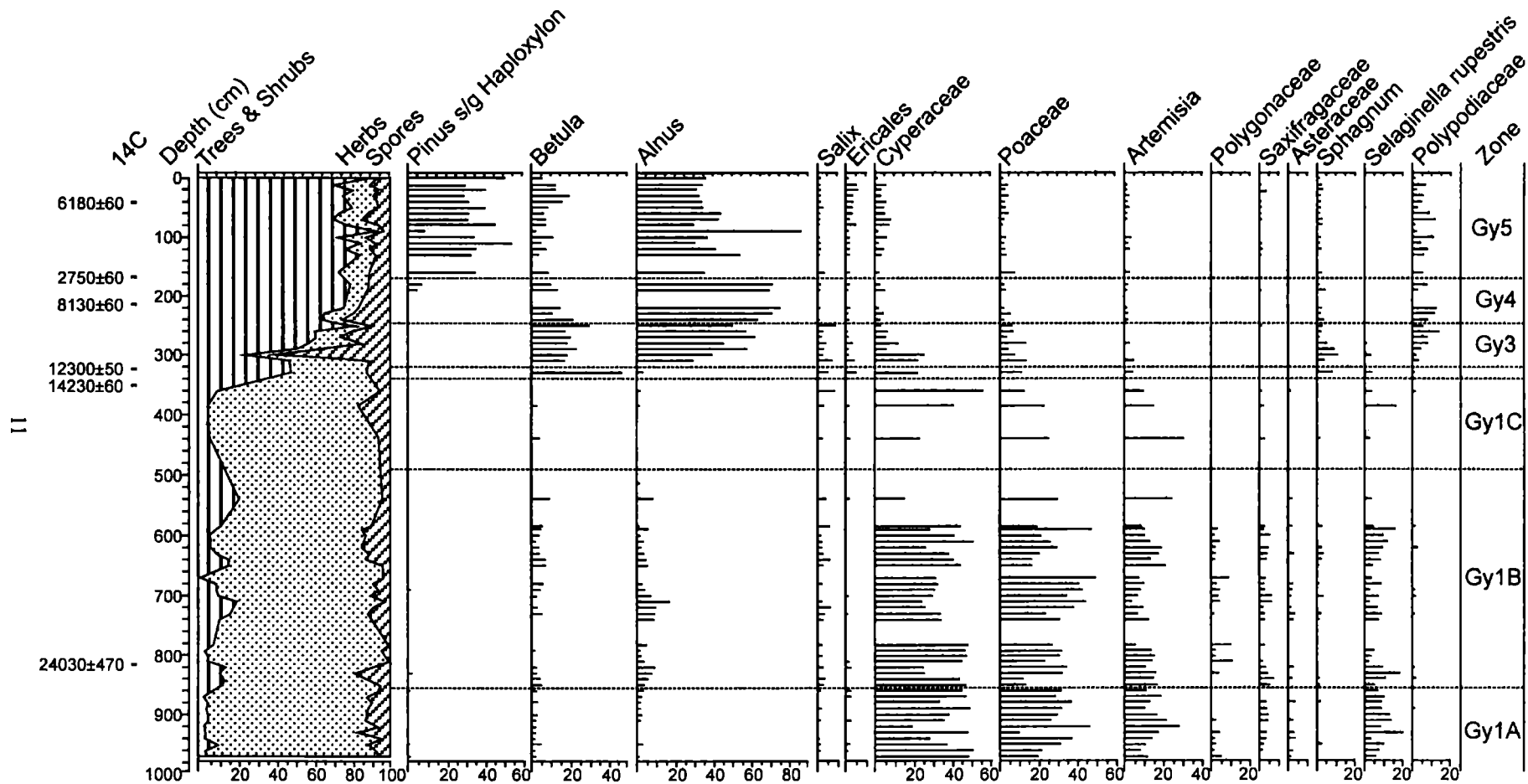


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма осадков оз. Гытгыкай

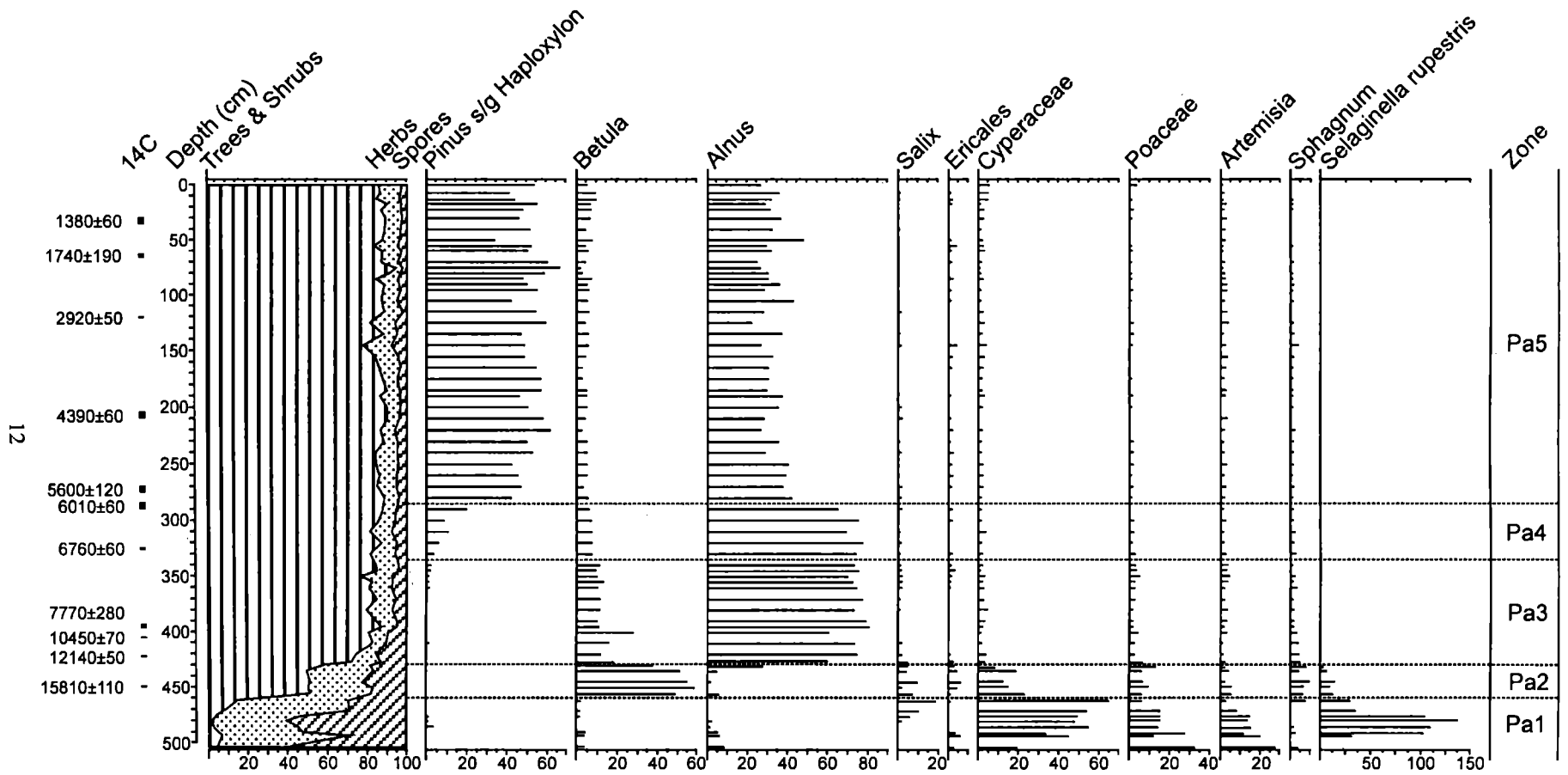


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма осадков оз. Патриции

как Caryophyllaceae, Saxifragaceae, *Thalictrum*, *Rumex* и *Selaginella rupestris*, подобна их роли в арктических сообществах. Эти данные указывают на существование в Берингии в течение висконсина типичных тундр, а не продуктивных степей [Guthrie, 1982, 1990].

О первом значительном последниковом потеплении климата свидетельствуют спектры зоны PA2 (рис. 5). Весьма характерные для этой зоны пики пыльцы *Betula* позволяют рассматривать ее как зону березы. На диаграмме оз. Гытгыкай (рис. 4) зоне PA2 отвечает пик пыльцы *Betula* на границе зон GY1 и GY2. Несомненно, зона PA2 показывает существенную перестройку растительного покрова около 12400 л. н. и смену осоково-злаково-полынной тундры кустарниковой березовой тундрой. Очень ясно выделяемым на диаграмме оз. Патриции зоне *Alnus* (PA3) и зоне *Alnus-Pinus-Betula* (PA4) на диаграмме оз. Гытгыкай соответствуют зоны GY2 b GY3. Количество пыльцы *Alnus* (*Duschekia fruticosa*) превышает в спектрах этих зон сумму остальных пыльцевых зерен, отражая широкое развитие ольховниковых сообществ. Пыльца *Betula* может быть отнесена к трем секциям *Costata*, *Nana* и *Fruticosa*. В спектрах зоны PA4 и в верхней части зоны GY3 заметную роль начинает играть пыльца *Pinus pumila*. Радиоуглеродная датировка 8130±60 л. н. (CAMS-19044), относящаяся к зоне GY3, позволяют предполагать, что пыльцевые спектры этой зоны отражают растительность, существовавшую на юге Чукотки в период, соответствующий бореальному периоду голоцена, в течение которого в Западной Берингии происходила экспансия высокоствольных берез и ольховника в районы современной арктической тундры. По всей вероятности, в бореальный период некоторые виды берез – *Betula ermanii*, *B. lanata* – могли достигать северных предгорий хр. Кэнкэрен.

Зона GY4 (рис. 4) и зона PA5 (рис. 5) – пыльцевые зоны сосны и ольховника. Характеризующие эти зоны радиоуглеродные датировки 6180±60 л. н. (CAMS-19047), 6010±60 л. н. (CAMS-31627), 4640±60 л. н. (CAMS-30160), 1380±60 л. н. (CAMS-31625), 1350±60 л. н. (CAMS-31624) позволяют отнести их ко второй половине атлантического периода, суббореальному и субатлантическому периодам голоцена. Таким образом, кедровый стланик, требующий глубокого снежного покрова в холодное время года, становится важным элементом растительности крупнокустарниковой тундры южной Чукотки около 6 тыс. л. н. В течение последних 7–6 тыс. лет вместе с ольховником он образует в этой флористической области своеобразные фитоценозы, называемые иногда стелюющимися лесами [Север..., 1970].

4. Горная система Черского

В горных районах Верхней Колымы смена тундровых растительных сообществ последней ледниковой стадии открытыми лиственничными лесами охарактеризована радиоуглеродными датировками 12450±500 л. н. (МАГ-616) нижнего слоя и 11750±400 л. н. (МАГ-617) верхнего слоя торфяника 15-метровой террасы р. Берелех (53° 17' с. ш., 147° 45' в. д., абс. отм. 800 м). Спорово-пыльцевые спектры торфяника отражают пыльцевую зону березы (рис. 6), свойственную для всех пыльцевых озерных летописей Западной Берингии переходного от плейстоцена к голоцену периода (Late..., 2002).

В восточной части хребта Анначаг в районе оз. Джека Лондона (62° 10' с. ш., 149° 30' в. д., абс. отм. 735 м) ледниковые отложения были сформированы по крайней мере тремя ледниковыми стадиями. Морены наиболее ранней ледниковой стадии позднего неоплейстоцена сохранились в пределах хребта. Морены следующей стадии, достигающие высоты 100 м, ограничивают озеро длиной 9,5 км и шириной 4 км. В цирках и в верховьях горных долин развиты морены раннеголоценового возраста..

В южной части озера на глубине 16,5 м поднят керн длиной 563 см, представленный алевритами с прослоями тонкой органики. В интервале 72–75 см обнаружен слой вулканического пепла, возраст которого определяет 7650±50 л. н.

Пыльцевая диаграмма осадков оз. Джека Лондона включает четыре зоны (рис. 7). Умеренное содержание пыльцы *Pinus* subgen. *Harpoxylon* (*Pinus pumila*) позволяет отнести зону JL1 к позднеплейстоценовому интерстадиалу (морская изотопная стадия 3). Господствовавшие в ландшафте полынные тундры с зарослями кустарниковых берез, ольховника и кедрового стланика на низких склонах отражают более холодные и сухие условия, чем в настоящее время, но более умеренные по сравнению с зоной JL2. Пыльцевая зона JL2 с радиоуглеродной датировкой верхнего слоя 13350±220 л. н. (ВЕТА-43472) сопоставляется с изотопной стадией 2 и показывает развитие в районе оз. Джека Лондона в течение последней ледниковой стадии неоплейстоцена локальных сообществ с различными экологическими требованиями, но полынные тундры оставались важнейшим элементом ландшафта. Кустарниковые популяции березы и ольховника могли переживать суровые условия в защищенных местах. Одним из наиболее распространенных кустарников была, очевидно, ива.

Первое постгляциальное улучшение климата, предшествующее датировке 10500±140 л. н. (ВЕТА-42587), отражено в спектрах зоны JL3 рез-

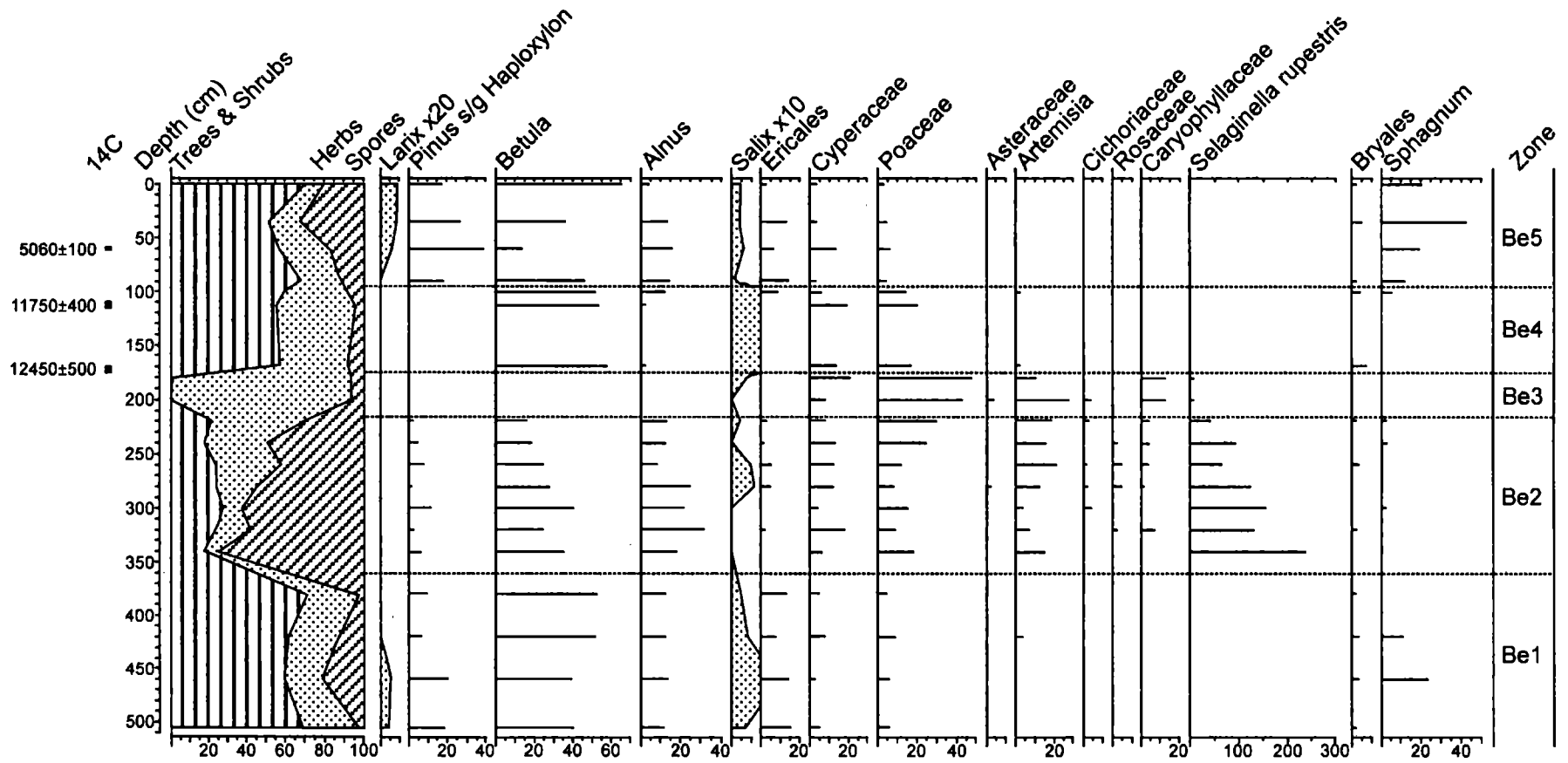


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма осадков 15-м террасы р. Берелех (Верхняя Колыма)

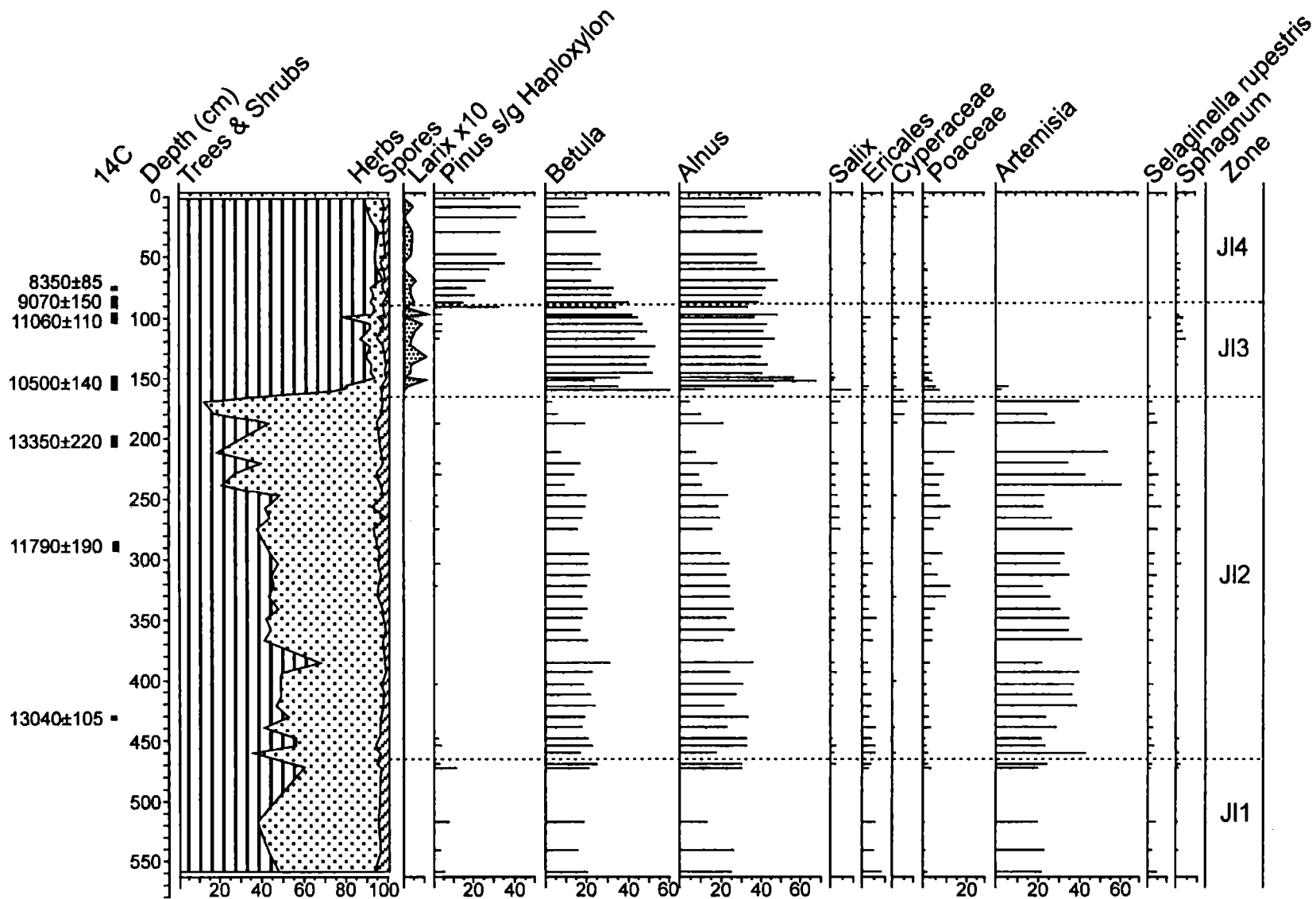


Рис. 7. Спорво-пыльцевая диаграмма осадков оз. Джека Лондона

ким увеличением количества пыльцы *Betula* и *Alnus* (рис. 7). Кустарниковые березы, вероятно, занимали низкие и средней высоты склоны, а ольховник заселял прибрежные участки. Подобная кустарниковая тундра существовала непродолжительное время и замещалась лесами из *Larix dahurica* с лишайниковым покрытием и подлеском из кустарниковых берез, ольховника и верескоцветных. Развитие листовенных лесов свидетельствует о повышении средних летних температур не менее чем до 12° С. *Pinus pumila* как основной элемент современной растительности широко распространяется в районе озера около 9 тыс. л. н. (зона JL4, радиоуглеродные датировки 9070±150 л. н. (BETA-42586), 8350±85 л. н. (WHG-819/AA-6883). Кедровый стланик становится не только важным элементом подлеска, но и образует кустарниковый тундровый пояс выше границы леса.

На восточном склоне хр. Анначаг в долине руч. Неведомый, впадающего в оз. Джека Лондона, в серии ледниковых озер исследовались осадки оз. Соседнее (абс. отм. 822 м). В центре озера длиной 1,5 и шириной 0,8 км на глубине 900 см мощность осадков составила 246 см. Они представлены алевритом с примесью песка в нижнем слое. Пыльцевая диаграмма осадков оз. Соседнее включает три зоны (рис. 8). Зона S1 имеет радиоуглеродные датировки 21860±235 л. н. (WHG-819/AA-5813) для нижнего слоя и 13480±110 л. н. (WHG-940/AA-6886) для верхнего слоя. Она прекрасно сопоставляется с пыльцевой зоной JL2 в оз. Джека Лондона и также показывает, что в течение позднего криохрона поздней поры неоплейстоцена в районе озер развивались мозаичные тундры. Вместе с тем спектры зоны S1 подтверждают, что основным элементом ландшафта являлись полярные тундры с небольшими популяциями кустарниковых берез, ольховника и ивы. Зона S2 подобна зоне JL3 и характеризует развитие ерников, зарослей *Duschekia fruticosa* и распространение листовенных лесов. Как и пыльцевая зона JL4 в осадках оз. Джека Лондона зона S3 показывает резкое увеличение в растительном покрове роли кедрового стланика около 9000 л. н.

5. Северо-Западное Приохотье

Одна из наиболее информативных по своей длительности непрерывных климатических записей Берингии установлена при изучении осадков оз. Эликчан-4 (60° 44 с. ш., 151° 52 в. д., абс. отм. 810 м). Детализация пыльцевой летописи этого озера позволила получить новые данные об эволюции природной среды в течение изотопных стадий 4-1.

Оз. Эликчан-4 (длина 4 км, ширина 1,3 км, абс. отм. 798,9 м) принадлежит бассейну Охотского

моря и находится в глубокой долине Майманджинских гор у водораздела с бассейном р. Колыма. В центре озера подняты керны длиной 945 см, показавшие полную мощность осадков, представленных алевритами с тонкой горизонтальной слоистостью с растительными остатками и прослоями песка. В интервале 213–214,5 см установлен прослой вулканического пепла, являющийся маркирующим горизонтом в отложениях озер Северного Приохотья и Колымо-Индибирского района, сопоставимый с прослоем тефры в осадках оз. Джека Лондона – 7650±50 л. н.,

Пыльцевая летопись осадков оз. Эликчан-4 (рис. 9) включает две травянистые пыльцевые зоны – EL1 и EL3. Спектры зоны EL1, отвечающей изотопной стадии 4, отражают глубокое похолодание климата. В днищах горных долин доминировали тундровые осоковые и злаковые сообщества, а среди кустарниковых таксонов – ива. В ледниковых рефугиумах вблизи побережья Охотского моря могли сохраняться листовенница, кедровый стланик, ольховник, березы, ель сибирская как реликты лесных сообществ позднеплейстоценового межледниковья. Экстраполяция радиоуглеродных датировок с учетом уплотнения нижних слоев озерных осадков не противоречит сопоставлению возраста верхней границы зоны EL1 с границей изотопных стадий 4 и 3 около 64 тыс. л. н. [Bradley, 1985]. Травянистая пыльцевая зона EL3, характеризующая последнюю ледниковую стадию (изотопная стадия 2), показывает, что растительность на юго-западе Берингии представляла в это время сочетание тундровых сообществ – от сухих каменистых склонов с прерывистым покровом из трав и плаунка сибирского до типичных тундровых осоково-моховых сообществ со стелющимися ивами.

Зона EL2 сопоставляется с морской изотопной стадией 3 (64–27,4 тыс. л. н.). Весьма значительные изменения соотношений групп растительности и основных пыльцевых таксонов в спектрах зоны (рис. 9) позволяют выделить пять пыльцевых подзон, отвечающих потеплениям и похолоданиям. Раннему потеплению, названному Эликчан-4, соответствует подзона EL2a (64–45 тыс. л. н.). Климатические условия в течение потепления Эликчан-4 могли быть близки климату переходного от неоплейстоцена к голоцену периода. В «теплые» интервалы, отраженные в подзонах 2с и 2е, климатические условия по сравнению с современными характеризовались более прохладным и влажным летом. Подзона 2b отвечает киргизско-гому похолоданию (45–39 тыс. л. н.), впервые обоснованному в Западной Берингии серией радиоуглеродных датировок и палинологическими данными в районе находки мамонтенка Димы [Шило и др., 1983]. Подзона 2d показывает похолодание, проявившееся

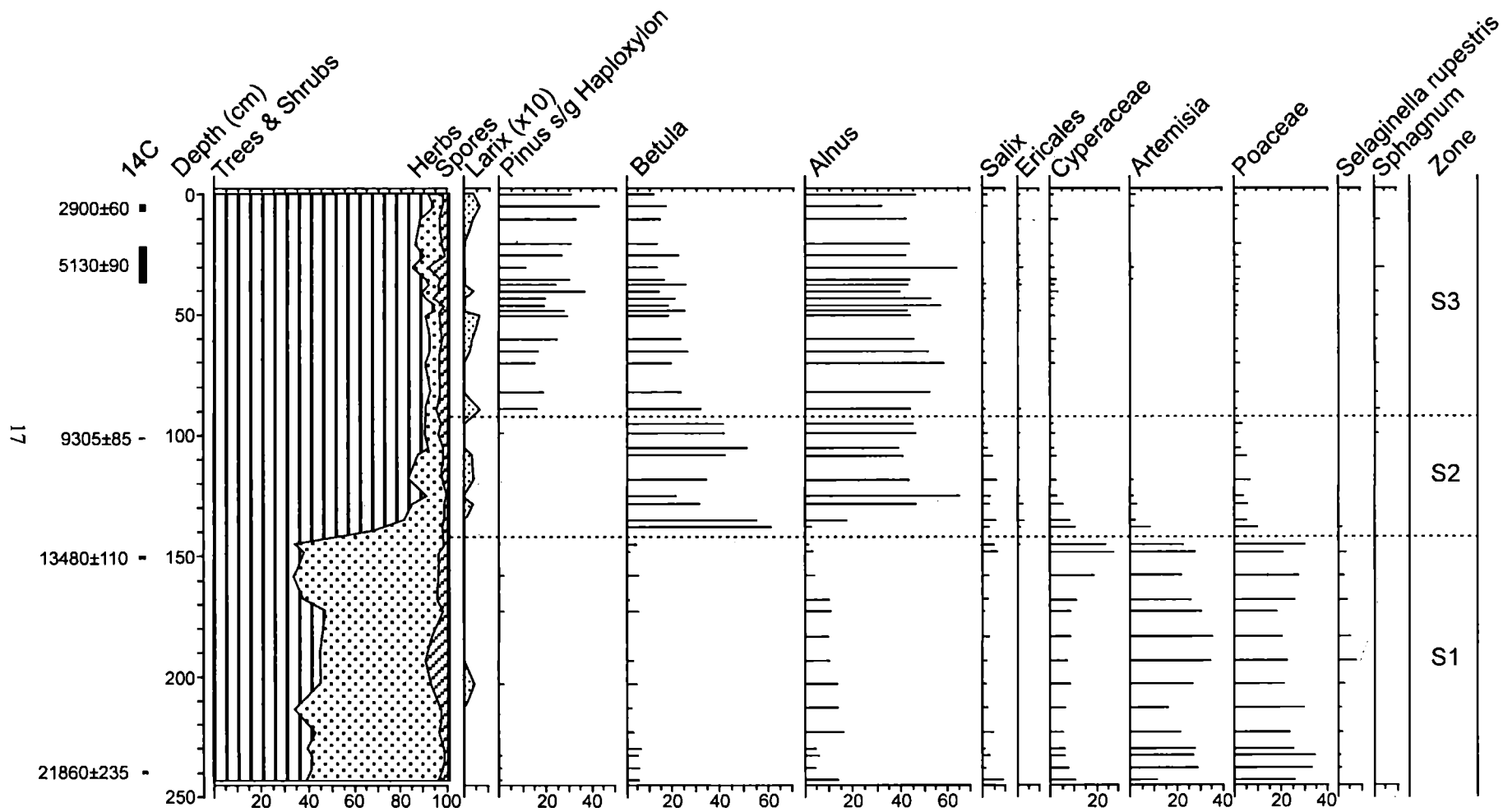


Рис. 8. Спорово-пыльцевая диаграмма осадков оз. Соседнее

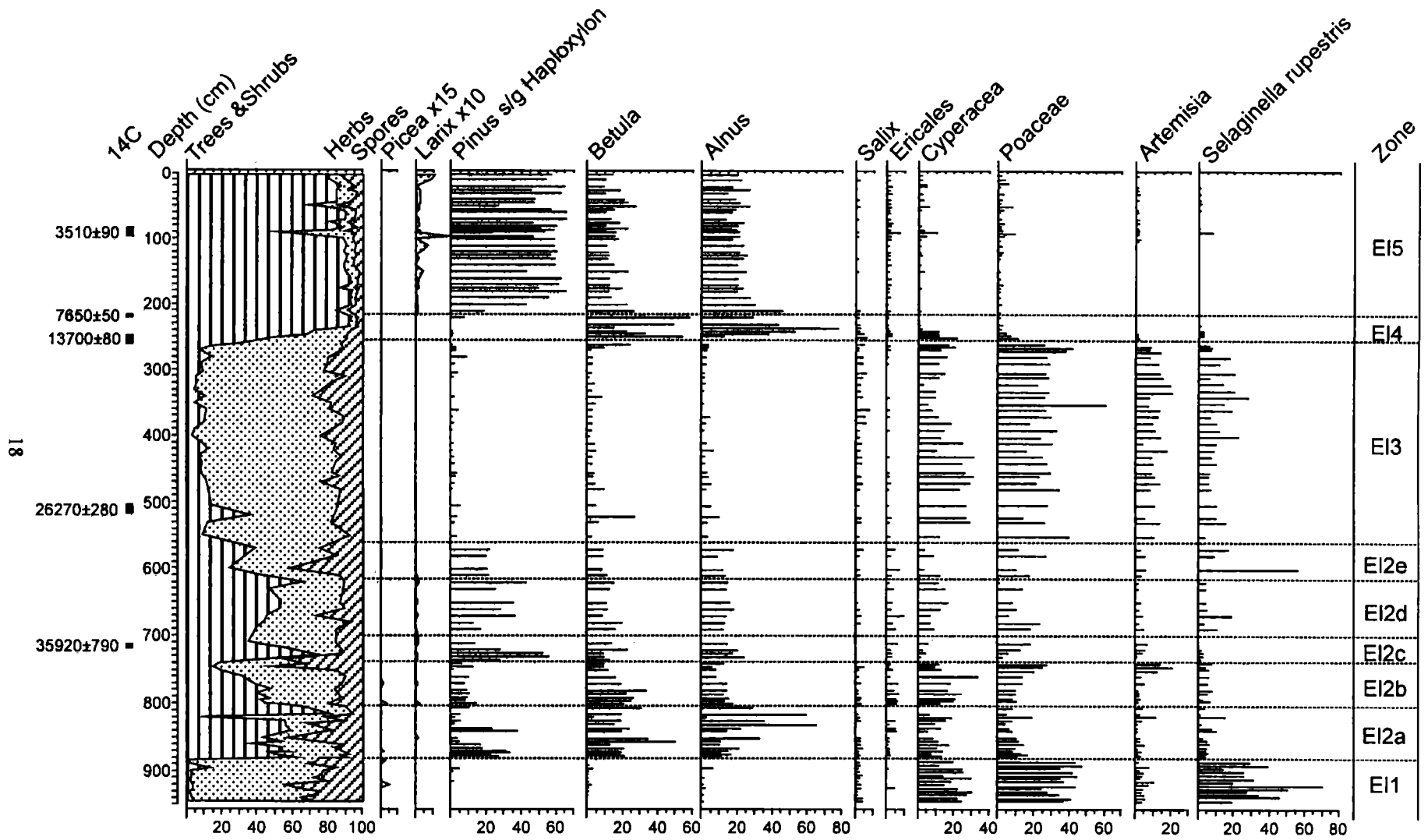


Рис. 9. Соотношение групп растительности, основных пыльцевых и спорных таксонов в осадках оз. Эликчан-4

в регионе 33–31 тыс. л. н. В течение этих похолоданий кустарниковые и кустарничково-травянистые тундры значительно расширили занимаемые ими площади в горах, а сообщества редкостойных лиственничных лесов были «привязаны» к днищам речных долин. Смена доминировавших в ледниковую стадию травянистых мозаичных тундр березовыми и березово-ольховниковыми кустарниковыми тундрами отражено резким увеличением количества пыльцы *Betula* и *Alnus* в спектрах зоны EL4. Как отмечалось, подобные изменения спектров весьма характерна для всех озерных пыльцевых летописей Берингии, переходных от неоплейстоцена к голоцену. В Западной Берингии такая значительная перестройка растительности датируется 12400 л. н., в восточной части Берингии на Аляске – 14000 л. н. Граница пыльцевых зон EL4 и EL5 подчеркивается первым последниковым пиком пыльцы *Pinus pumila*, приблизительно соответствующим границе бореального и атлантического периодов голоцена. Максимального содержания пыльца *Pinus pumila* достигает в спектрах зоны EL5, также характеризующейся постоянным присутствием пыльцы *Larix*. Радиоуглеродные датировки свидетельствуют о формировании зоны EL5 в течение интервала, соответствующего атлантическому, суббореальному и субатлантическому периодам голоцена, когда растительность приобрела черты, близкие современным.

6. Охотоморское побережье

Озера вблизи побережья Охотского моря обычно развиваются в пониженных участках тектонических впадин, играющих в южной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса ведущую роль в осадконакоплении и в формировании ландшафтов. Межгорные впадины выражены в современном рельефе как озерно-аллювиальные равнины. В центральной части небольшой тектонической депрессии на северном берегу Охотского моря изучались осадки оз. Лесное (59° 36' с. ш., 151° 52' в. д., абс. отм. 96 м). Озеро, достигающее в длину 360 м и в ширину 320 м, в прошлом являлось частью более обширного водоема, сливаясь с крупным оз. Чистое. Керн длиной 340 см был поднят на глубине 5 м. Озерные осадки представлены алевроитом с включениями остатков растений и примесью песка (рис. 10). На глубине 110–109 см установлен прослой вулканического пепла, датированный 2545±10 л. н. На пыльцевой диаграмме осадков оз. Лесное выделяется три зоны, верхняя из которых подразделяется на две подзоны (рис. 10). Доминирующая в спектрах зоны LE1 (радиоуглеродная датировка 14290±70 л. н., CAMS-27443) пыльца Роасеае несомненно свидетельствует о господстве в растительном покрове в

течение последней ледниковой стадии (изотопная стадия 2) злаковых ассоциаций, хотя мозаичная тундра также развивалась. Влажные берега рек и озер, сырые луга зарастали Cyperaceae с Ranunculaceae, Primulaceae, Polemoniaceae, *Cardamine*, *Rubus chamaemorus*, *Sanguisorba*, *Pedicularis*. На сухих каменистых склонах существовал прерывистый покров из Asteraceae, Papaveraceae, Rosaceae, *Selaginella rupestris*. На распространение умеренно влажных верескоцветных ассоциаций показывает совместное нахождение в спектрах пыльцы Ericales и спор *Sphagnum*. Сравнительно высокое содержание пыльцы *Betula* позволяет предполагать развитие в речных долинах и на низких склонах зарослей кустарниковой березы (ерники). Ольховник, вероятно, занимал влажные участки вблизи русел рек и по берегам озер. Присутствие пыльцы *Larix* указывают, что в долинах рек сохранялись участки лиственничной лесотундры. Одной из главных особенностью спектров зоны LE1 является постоянное участие пыльцы *Pinus pumila*, количество которой может превышать 20%. Эти данные являются хорошим доказательством, что такой яркий представитель колымской флоры, как кедровый стланик, в виде небольших популяций сохранялся в Западной Берингии в течение ледниковой стадии.

Изменение растительного покрова, вызванное дальнейшим потеплением климата, отражено спорово-пыльцевыми спектрами зоны LE2 (радиоуглеродная датировка 9680±60 л. н., CAMS-18065). Значительно расширяются площади, занимаемые кустарниковыми зарослями березы. Постоянное участие в спектрах пыльцы *Larix*, сравнительно высокие содержание пыльцы *Pinus* и *Alnus* свидетельствуют о развитии редкостойных лиственничных лесов с подлеском из кедрового стланика, ольховника, кустарниковых берез с участием верескоцветных.

Пыльцевая подзона LE3a (радиоуглеродные датировки от 8480±60 л. н. (CAMS-27444) до 2900±60 л. н. (CAMS-18070) характеризуется устойчивым составом спорово-пыльцевых спектров с пиком пыльцы *Pinus pumila*. Спектры подзоны отражают распространение лиственничных лесов с густым подлеском из кустарниковых берез, ольховника, кедрового стланика, обилием верескоцветных. *Pinus pumila* становится не только важным элементом подлеска, но и формирует кустарниковых сосновый пояс в горах выше границы лиственничных лесов. Такие виды берез, как *Betula ermannii*, *B. lanata*, могли образовывать самостоятельные насаждения на склонах гор. Климат в период, сопоставляемый с бореальным и атлантическим периодами голоцена, отличался от современного более высокими средними июльскими и годовыми температурами, большим ко-

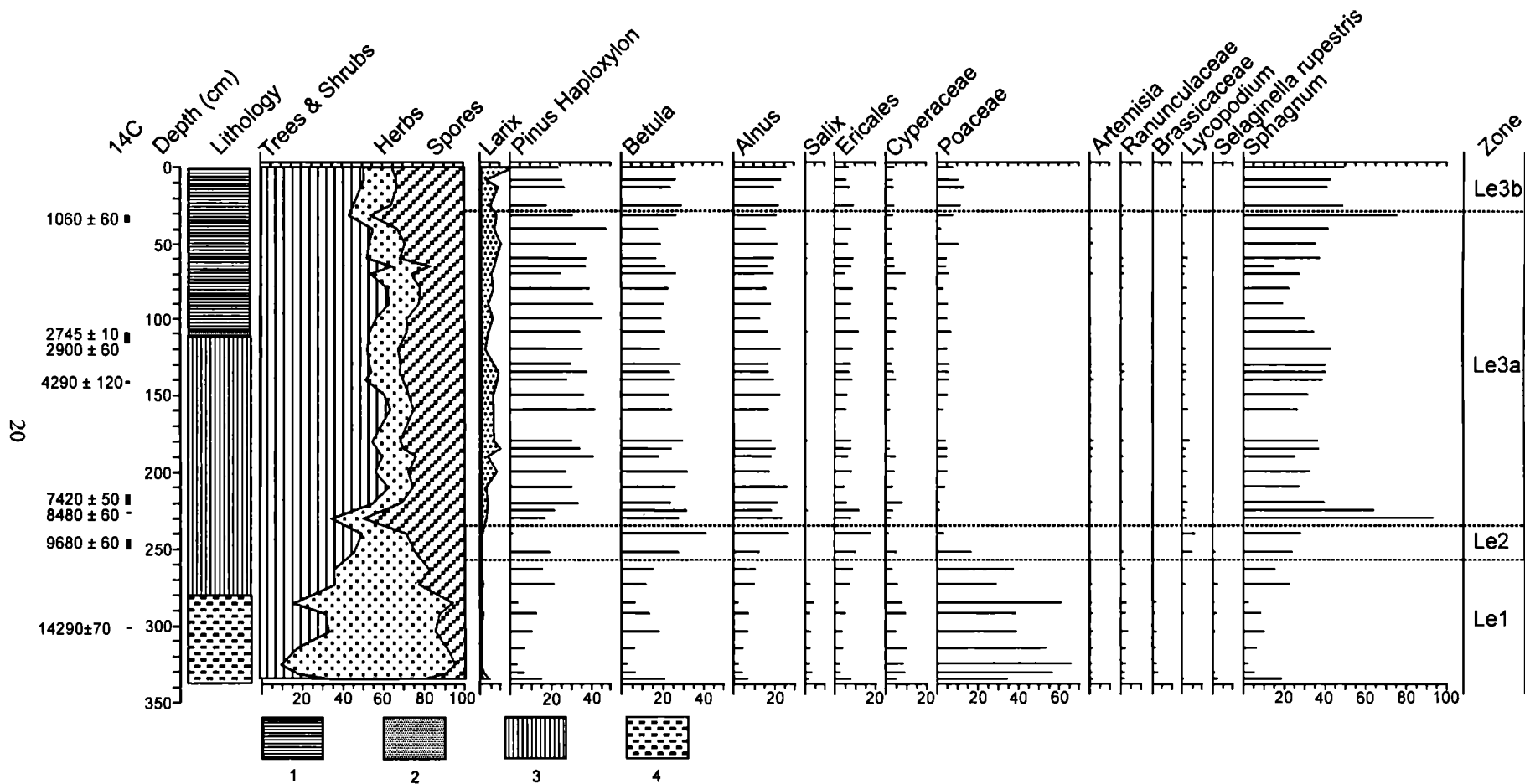


Рис. 10. Пыльцевая летопись в осадках оз. Лесное. Литологическая характеристика

1 – алевроит серый с остатками водных растений; 2 – прослой вулканического пепла; 3 – алевроит темно-серый с обломками ветвей кустарников; 4 – алевроит с примесью песка

личеством осадков, выпадавших в летнее время, и глубоким снежным покровом поздней осенью и зимой. На обилие влажных и заболоченных участков определенно указывает высокое содержание в спектрах спор мхов, плауновых, хвощевых. Заболоченность территории, по-видимому, возрастает в течение периодов, соответствующих суббореальному и субатлантическому периодам голоцена. Спектры подзоны LE2b, в которых содержание пыльцы *Pinus pumila* несколько снижается, показывают, что в конце субатлантического периода растительность в районе оз. Чистое приобрела черты, близкие современным – редкостойные лиственничные леса, чередующиеся с участками лесотундры и влажной заболоченной тундрой.

Обсуждение

Детальные палинологические исследования и радиоуглеродные датировки осадков кратерного, ледниковых, подпрудных озер, разрезов верхнечетвертичных отложений по пересечению от полярных районов до северного побережья Охотского моря свидетельствуют о синхронности климатических изменений в Западной Берингии в конце четвертичного периода. Вместе с тем намечаются определенные региональные особенности в развитии позднеплейстоценовой и голоценовой растительности в различных фитогеографических зонах региона.

Реконструкция позднечетвертичных климатических изменений Западной Берингии позволяет выделить два термических максимума, когда климат региона был теплее современного. Первый максимум сопоставляется с морской изотопной подстадией 5e и рассматривается как максимум позднеплейстоценового межледниковья. Компьютерные программы аналогов спорово-пыльцевых спектров [Андерсон, Ложкин, 2004] показывают, например, что в районе Полярного круга Северной Чукотки июльские температуры в этот период были на 2–4° С выше современных. Средние температуры января варьировали от – 16 до – 24,7° С, июля от + 10,6 до + 12,7° С. Среднее количество осадков в январе составляло 7,5–20 мм, в июле 36,5–57,5 мм [Lozhkin et al., 2007]. В течение изотопной подстадии 5e открытые *Betula* лесотундры и *Larix – Pinus pumila* леса распространялись на северо-восточной Чукотке и, вероятно, существовали вблизи оз. Эльгыгытгын. Растительность, по всей вероятности, была подобна сообществам бореального периода голоцена, являвшегося постгляциальным термическим максимумом в Западной Берингии (второй максимум тепла).

Реконструкция изменений климата и растительности для позднеплейстоценового интерстадиала (морская изотопная стадия 3), как известно,

ограничивается нижним порогом радиоуглеродной хронологии. Вместе с тем, последние результаты исследований подсказывают существенные региональные изменения в интерстадиальной растительности Берингии. В течение относительно теплых интервалов внутри интерстадиала в Западной Берингии леса из лиственницы достигали современных границ их распространения (не опубликованные данные авторов). Периоды максимального распространения лесов наблюдались около 39–38 и 35–33 тыс. л. н. Наиболее полная реакция растительности на климатические изменения позднеплейстоценового интерстадиала проявилась в южных районах Западной Берингии (Охотско-Колымское междуречье) по сравнению с северными районами региона (рис. 3 и 9).

Спорово-пыльцевые спектры, характеризующие травянистые зоны в непрерывных пыльцевых летописях озер Западной Берингии, свидетельствуют о том, что растительность ледниковых стадий позднего плейстоцена имела скорее всего мозаичный облик: прерывистый покров из полыни, различных трав, плаунка сибирского на сухих каменистых склонах сочетался с влажными и умеренно влажными осоково-моховыми и осоково-злаковыми сообществами со стелюющимися ивами на низких склонах и по берегам озер. Эта растительность не являлась однообразной «мамонтовой» тундростепью [Guthrie, 1982, 1990]. Развитие каменистых участков подчеркивается совместным обнаружением спор *Polypodiaceae* и *Selaginella rupestris*. Кустарниковая береза и ольховник образовывали ограниченные разбросанные популяции. Отраженное пыльцевыми спектрами широкое распространение на горных склонах кедрового стланика, чувствительного к сезонному оттаиванию и промерзанию, свидетельствует о глубоком снежном покрове. Такой покров должен формироваться ранней осенью до ее середины, когда ежедневные температуры начинают понижаться, и «традиционно сухой» для Колымского района и Северного Приохотья январь не оказывал неблагоприятного воздействия на *Pinus pumila*.

Сравнение озерных пыльцевых летописей центральных горных районов Западной Берингии (рис. 6–8), Северного Приохотья (рис. 9) и Чукотки (рис. 3–5) с летописями озер, находящихся в непосредственной близости к северному берегу Охотского моря (рис. 10), показывает их заметное различие. Если в непрерывных пыльцевых летописях осадков озер Чукотки, горных районов Колымы и Северного Приохотья замещение в результате потепления климата 12400 л. н. (радиоуглеродный возраст) или 14500 л. н. (пересчет на «календарный» возраст) травянистых и травянисто-кустарничковых тундр, господствовавших в этих регионах в последнюю

ледниковую стадию (морская изотопная стадия 2), кустарниковой березовой тундрой, а затем крупнокустарниковой березово-ольховниковой выражено резким изменением спектров, то в озерных летописях на самом юге Северного Приохотья спорово-пыльцевые спектры показывают более постепенное изменение растительного покрова в переходный от плейстоцена к голоцену период (рис. 10).

Сравнительно высокое содержание в спектрах травянистой пыльцевой зоны озерных осадков юга Северного Приохотья, отвечающих изотопной стадии 2, пыльцы *Betula*, *Alnus*, *Pinus pumila* отражает развитие в речных долинах и на склонах зарослей кустарниковой березы (ерники), участие в растительном покрове ольховника и кедрового стланика. находка в спектрах пыльцы *Larix* может указывать, что в долинах рек сохранялись участки лиственничной лесотундры.

Таким образом, относительно неширокая полоса суши вдоль северного побережья Охотского моря (граница суши Северного Приохотья проходила примерно в 100–120 км южнее современной, когда уровень моря 18000 л. н. (по данным радиоуглеродного датирования) или 21500 л. н. («календарный» возраст) находился на отметках -100 м или ниже) являлась рефугиумом в период последнего ледникового максимума (около 21–15 тыс. л. н. по радиоуглероду) не только для арктических трав и кустарничков, но для бореальных деревьев и кустарников, включая помимо основного современного лесообразующего вида *Larix dahurica* такие древесные виды, как *Picea obovata*, *Chosenia arbutifolia*, *Populus suaveolens*, *P. tremula*, *Alnus hirsuta*, *Betula lanata*, *B. platyphylla*, *B. cajanderi*, произрастающие в центральных и южных районах Западной Берингии в настоящее время.

Кратковременные климатические события, рассматриваемые как глобальные, не всегда происходили в Берингии. Например, похолодание климата в течение позднего дриаса между 11–10 тыс. л. н. (по радиоуглероду) отсутствует в берингийских записях. Подобные данные по Берингии показывают, что арктические районы необязательно реагируют на каждое относительно быстрое климатическое изменение, как это наблюдается в более низких широтах.

Исследование современных озерных спорово-пыльцевых спектров Западной Берингии существенно улучшили интерпретацию палеорастительности. Например, современные озерные образцы с о. Врангеля при их статистическом сравнении со спектрами полного ледникового показывают, что арктическая тундра острова является аналогом растительности, господствовавшей в течение последнего оледенения [Anderson et al., 1995]. Эти наблюдения могут быть серьезным ар-

гументом в современных дискуссиях о палеорастительности Берингии и ее влиянии на обилие верхнеплейстоценовой фауны и ранние человеческие популяции.

Исследования поддержаны Дальневосточным отделением РАН (проект 09-I-ОНЗ-11), целевой программой Дальневосточного отделения РАН (проект 09-II-УО-08-003), Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 06-05-64129, 07-05-00610), Национальным научным фондом США (проекты АТМ-00-117406, АТМ-93-17569).

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.
- Важенина Л.Н., Вартанян С.Л., Гуалтиери Л.М. Позднечетвертичная флора о. Врангеля (по плодам и семенам) // Пространственная и временная изменчивость природной среды Северо-Восточной Азии в четвертичный период. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, – 2004. – С. 89–98.
- Величко А.А. Главный климатический рубеж эпохи плейстоцена // Изв. АН СССР. – Сер. геогр. – 1968. – № 3. – С. 37–51.
- Север Дальнего Востока / Под. ред. Н.А. Шило. – М.: Наука, – 1970. – 488 с.
- Шило Н.А., Ложкин А.В., Андерсон П.М., Важенина Л.Н., Глушкова О.Ю., Матросова Т.В. Первые данные об экспансии *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. в арктические районы Берингии в раннем голоцене // Доклады Академии наук, 2008, – том 422, – № 5, – с. 1–3,
- Шило Н.А., Ложкин А.В., Титов Э.Э., Шумилов Ю.В. Киргилыхский мамонт (Палеогеографический аспект). М.: Наука, – 1983. – 214 с.
- Anderson P.M., Lozhkin A.V., Brubaker L.B. Palynological Analysis of Surficial Lacustrine Sediment, Western Beringia // Paleoclimates from Arctic Lakes and Estuaries (PALE), Third Annual. – Seattle, – 1995. – P. 6–9.
- Bradley R.S. Quaternary Paleoclimatology (Methods of Paleoclimatic Reconstruction) // Boston. ALLEN & UNWIN, – 1985. – 472 p.
- Guthrie R.D. Mammals of the mammoth steppe as paleoenvironmental indicators // Paleocology of Beringia. New York: Academic Press, – 1982. – P. 307–326.
- Guthrie R.D. Frozen Fauna of the Mammoth Steppe. Chicago: University of Chicago Press, – 1990. – 323 p.
- Late Quaternary Vegetation and Climate of Siberia and the Russian Far East (Palynological and Radiocarbon Database) / Eds. P.M. Anderson, A.V. Lozhkin. Magadan: NESCFEB RAS, – 2002. – 370 p.
- Lozhkin A.V., Anderson P.M., Matrosova T.V., Minyuk P.S. The pollen record from El'gygytyn Lake: implications for vegetation and climate histories of northern Chukotka since the late middle Pleistocene // J Paleolimnol, – 2007, – 37. – Pp. 135–153.