

УДК 551.345:551.793:346.027

РАДИОУГЛЕРОДНОЕ AMS-ДАТИРОВАНИЕ ПЫЛЬЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ПОВТОРНО-ЖИЛЬНЫХ ЛЬДОВ В РАЗРЕЗЕ БИЗОН НА КОЛЫМЕ

© 2003 г. Ю. К. Васильчук, А. К. Васильчук, Ч. Ч. Ким

Представлено академиком В.М. Котляковым 11.05.2003 г.

Поступило 14.05.2003 г.

Целью работы является сопоставление новых результатов радиоуглеродного датирования спорово-пыльцевого концентрата, экстрагированного из сингенетических позднеплейстоценовых повторно-жильных льдов разреза Бизон, которые были получены с помощью ускорительной масс-спектрометрии (AMS), с данными палинологического анализа тех же образцов и с результатами радиоуглеродного AMS-датирования двух других фракций органики, полученных по тем же образцам из льда ранее [1], и установление степени достоверности датирования разных фракций органики.

Позднеплейстоценовый повторно-жильный комплекс Бизон расположен на правом берегу р. Колымы, в устье протоки Лакеевская в 15 км ниже Дуванного переката (69° с.ш., 158° в.д.).

В разрезе высотой более 15 м вскрываются преимущественно супесчаные многолетнемерзлые отложения с прослоями органики в виде линз мощностью до 0.5 м, вмещающие несколько ярусов сингенетических повторно-жильных льдов вертикальной мощностью до 9 м, шириной в верхней части до 2–2.5 м (рис. 1).

Ранее этот повторно-жильный комплекс датирован нами по микровключениям органики, экстрагированной непосредственно из позднеплейстоценовых сингенетических повторно-жильных льдов, и по щелочной вытяжке, извлеченной из этой органики. Образцы отбирались из трех ярусов жил, вскрытых в двух рядом расположенных фрагментах обнажения: в коренной стенке (жилы 1 и 2) и преобразованном термоэрозией массиве байджежахов (жила 3). Семь образцов из этого разреза были проанализированы Й. ван дер Плихтом в Изотопном центре в Гронингене и по ним получены 7 пар датировок в интервале от 26

до более 38 тыс. лет назад [1]. Каждая пара включала датировку по микровключениям, полученным при просеивании льда с органической взвесью через электронное сито с отверстиями диаметром 200 мкм, и датировку по щелочной вытяжке, полученной из того же образца до просеивания.

Спорово-пыльцевой концентрат получен в датированных по микроорганике и щелочной вытяжке образцах по специально разработанной А.К. Васильчук процедуре выделения пыльцы и спор из повторно-жильного льда для AMS-радиоуглеродного датирования [2, 3]. Лабораторная обработка и датирование образцов выполнены в лаборатории ускорительной масс-спектрометрии Сеульского университета.

По пыльцевому концентрату из ледяных жил разреза Бизон получено 6 новых радиоуглеродных датировок (табл. 1) от 43.6 до 26.2 тыс. лет.

Полученные датировки целесообразно рассмотреть в пределах каждой из изучавшихся трех ледяных жил (рис. 2). В жиле 1 получена одна датировка 31.4 тыс. лет. В непосредственной близости от нее ранее датирован образец суммарной органики, извлеченной из льда жилы: по микро-

Таблица 1. Прямое радиоуглеродное AMS-датирование пыльцы и спор из повторно-жильных льдов в разрезе Бизон в низовьях Колымы, север Якутии

Полевой номер	Абс. выс./глубина, м	¹⁴ C-возраст, лет	Лаб. номер
Жила № 1			
378-YuV/195	+18.0/2.6	31400 ± 500	SNU02-128
Жила № 2			
378-YuV/90	+16.6/4.0	26200 ± 300	SNU02-147
378-YuV/100	+13.0/7.6	28200 ± 600	SNU02-150
378-YuV/102	+13.0/7.6	35600 ± 800	SNU02-124
Жила № 3			
378-YuV/144	+12.5/8.1	36900 ± 1000	SNU02-127
378-YuV/146	+9.6/11.0	43600 ± 1100	SNU02-125

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова
Сеульский университет,
Республика Корея



Рис. 1. Общий вид обнажения позднеплейстоценовых сингенетических повторно-жильных льдов в разрезе Бизон и расположение 6 новых ¹⁴C-датировок (тыс. лет) по спорово-пыльцевому концентрату в трех ледяных жилах.

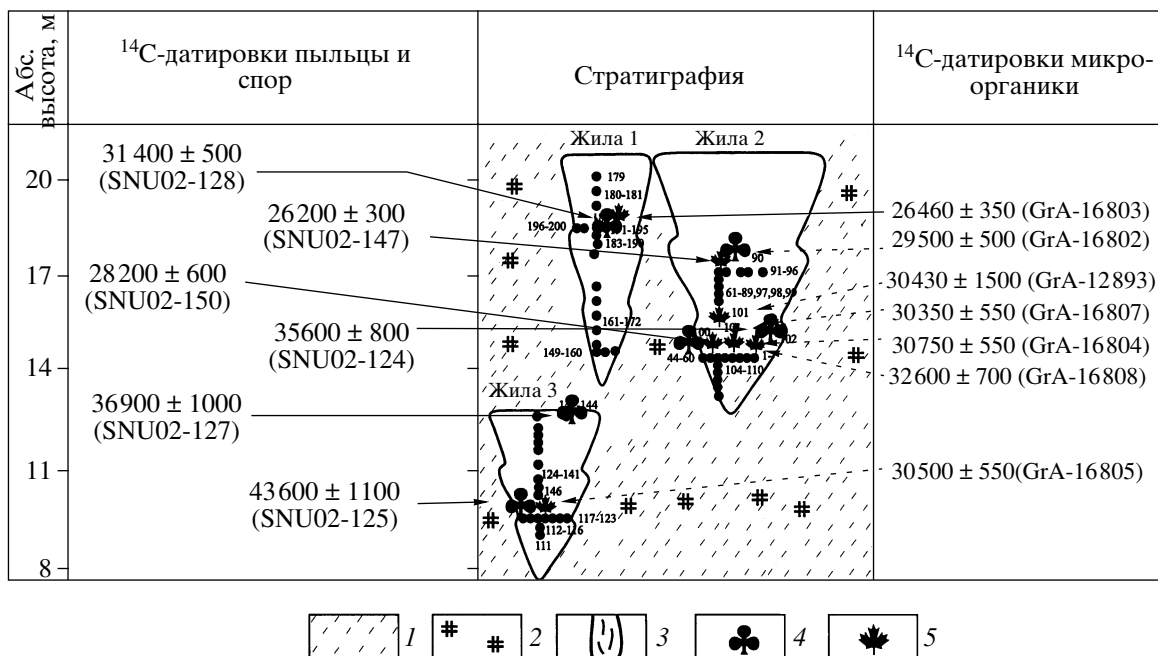


Рис. 2. Радиоуглеродные датировки по пыльце и спорам и микроорганике из позднеплейстоценовых сингенетических повторно-жильных льдов в разрезе Бизон. 1 – сугесь; 2 – аллохтонный торф; 3 – жильный лед; 4, 5 – точки отбора образцов жильного льда для радиоуглеродных AMS-определений: 4 – по спорово-пыльцевому концентрату, 5 – по микроорганике – фракции размером более 200 мкм.

включениям и щелочной вытяжке – 26.4 и 27.7 тыс. лет соответственно. Можно говорить о достаточно близком совпадении этих датировок и, вероятно, о высокой степени их достоверности, тогда как возраст пыльцы, датированной в соседнем образце, вероятно, несколько завышен. Говоря о составе спорово-пыльцевого спектра в этом образце, можно отметить очень высокое содержание пыльцы кедрового стланика –

до 42% (табл. 2), а также присутствие пыльцы древесных пород – более 4%, среди которых единично присутствует дальнезасоная пыльца сосны обыкновенной и кедр сибирского. Заметное участие спор плаунка сибирского в спектре из жильного льда отражает их привнос с пылью с поверхности практически оголенных зимой участков минеральных грунтов. Поскольку концентрация пыльцы и спор довольно низка, и состав

Таблица 2. Содержание пыльцы и спор и сопоставление радиоуглеродных AMS-датировок, полученных при датировании разных фракций органики, экстрагированной из одних и тех же образцов повторно-жильного льда обнажения Бизон в низовьях р. Колымы

Пыльца, споры	Обр. 378-YuV/195	Обр. 378-YuV/90t	Обр. 378-YuV/100	Обр. 378-YuV/102	Обр. 378-YuV/144	Обр. 378-YuV/146
Пыльца деревьев	4.8	–	–	0.8	1.2	5.0
Пыльца кустарников	14.4	28.6	40.8	8.7	26.1	26.3
Пыльца травянистых	21.6	50.7	46.8	56.5	42.1	33.8
Споры	20.4	22.1	10.6	34.8	32.4	33.8
<i>Pinus silvestris</i>	1.2	–	–	–	–	–
<i>Pinus sibirica</i>	1.2	–	–	–	–	–
<i>Betula sect. Albae</i>	2.4	–	–	0.8	0.6	1.9
<i>Larix</i>	–	–	–	–	0.6	3.1
<i>Pinus pumila</i>	42.0	10.4	–	1.6	2.7	5.6
<i>Betula sect. Nanae</i>	8.4	15.6	38.4	4.0	23.4	16.9
<i>Alnaster</i>	–	–	–	1.6	–	2.5
<i>Salix</i>	3.6	2.6	2.4	1.6	–	1.3
Росaceae (мелкие)	1.2	–	–	1.6	6.4	4.4
Росaceae (крупные)	–	–	–	5.6	–	–
Суперaceae (тип <i>Carex</i>)	14.4	23.8	25.2	20.5	21.6	6.9
Суперaceae (тип <i>Eriophorum</i>)	2.4	10.0	–	3.2	–	0.6
Ericaceae	–	1.3	–	0.8	–	1.9
<i>Artemisia</i>	–	–	–	1.6	–	–
Compositae	–	–	–	–	1.8	–
Varia	3.6	6.5	18.0	19.4	7.2	13.1
Chenopodiaceae	–	–	0.9	1.6	–	–
Polygonaceae	–	–	–	–	0.9	0.6
Polemoniaceae	–	–	–	–	–	1.3
Rosaceae	–	–	–	–	2.7	1.9
<i>Dryas sp.</i>	–	–	3.6	–	–	1.3
Brassicaceae	–	–	–	0.8	–	–
<i>Draba sp.</i>	–	–	–	–	–	0.6
Saxifragaceae	–	–	–	–	–	1.9
Liliaceae	–	1.3	–	–	–	0.6
<i>Juniperus</i>	–	1.3	–	–	0.9	–
Bryales	3.6	11.7	6.0	25.2	14.4	13.1
<i>Sphagnum sp.</i>	–	–	–	3.2	1.8	0.6
Polypodiaceae	1.2	–	–	0.8	4.5	0.6
<i>Equisetum</i>	–	10.4	4.8	–	4.5	1.3
<i>Selaginella sibirica</i>	15.6	–	–	1.4	6.3	21.9
Экз. в 1 л	164	156	164	382	228	481
Переотложенные палиноморфы	0.2 % (<i>Riccia</i>)	–	1 % (<i>Ulmus</i> , <i>Diervilla</i>)	–	0.4 % (<i>Quercus sibirica</i> , Pinaceae)	1 % (<i>Sporites durabilis</i> , <i>Trudopollis sp.</i> , Shchizaceae, <i>Leotriteles sp.</i>)

этого палиноспектра в основном отвечает локальным ландшафтам северной полосы типичных тундр, наличие пыльцы древесных пород и пыльцы кедрового стланика (которого здесь неестественно много – 42%, тогда как для этих спектров нормальное его количество 5–8%), возможно, свидетельствует об участии переотложенных элементов в спектре.

Это переотложение, скорее всего, происходило под действием ветра с поверхности обнаженных отложений, накопившихся не намного раньше, чем образовывался жильный лед (не ранее чем за 10–15 тыс. лет до формирования жил), поскольку в спектрах нет экзотов и заведомо древней доплейстоценовой пыльцы (отмечены только единично споры *Riccia*). Об эоловом заносе пыльцы и спор также свидетельствует визуально заметное высокое содержание пылеватых частиц в образце льда. Датировка пылевого концентрата из этого образца, скорее всего, не столь достоверна и удревнена, по крайней мере на 4–5 тыс. лет.

В спектрах из трех образцов жилы 2 ситуация совершенно иная, судя по составу спектров, их автохтонность почти не вызывает сомнений. Это же следует из датирования пылевого концентрата, которое дало безынверсионную серию дат от 26 до 35 тыс. лет. Самый верхний образец характеризуется палиноспектром тундрового типа. Здесь особенно важно то, что по пылевому концентрату получена наиболее молодая радиоуглеродная дата 26.2 тыс. лет, она даже на 3 тыс. лет моложе датировки из этого же образца, полученной по микровключениям органики (что встречается очень редко, так как пыльца лучше сохраняется и более приспособлена к неоднократному переотложению из более древних отложений в более молодые). При этом отмечается присутствие пыльцы кедрового стланика, ивы, а также высокое содержание пыльцы осок, пушиц и спор хвощей. Это позволяет реконструировать скорее локальные гидроморфные ландшафты северной полосы типичных тундр, существовавшие в низовьях р. Колымы 26 тыс. лет назад. Датировка по пылевому концентрату из этого образца, скорее всего, достоверна, так как в нем отсутствуют признаки переотложения пыльцы и спор, практически все палиноморфы имеют хорошую сохранность.

Два нижележащих образца отобраны из жилы по горизонтали с одной высоты 7.6 м, при этом датировки по ним отличаются на 7 тыс. лет, что указывает на вклинивание льда, который формировался 28 тыс. лет назад (обр. 378-YuV/100) в лед жилы более древнего возраста. Скорее всего, этот более древний лед имеет реальный возраст около 30–30.7 тыс. лет – судя по датировке, полученной из этого фрагмента льда по микроорганике. Полученный из этого образца (378-YuV/102)

палиноспектр характеризуется довольно высокой концентрацией палиноморф, однако степень их сохранности различна. Пыльца березы, кедрового стланика и полыни, вероятно, не сразу попала в ледяную жилу. Пыльца разнотравья, представленная здесь, по меньшей мере, 8 семействами, в основном сохранилась очень хорошо. Ее содержание почти 20%, она агрегирована в глинистые частицы, что указывает на режим относительно высокого уровня водоема и обводнения полигонального участка; возможно, в этот период 30–30.7 тыс. лет назад жилы развивались в условиях обводненной низкой поймы или бечевника с обильной травянистой растительностью. Датировка в 35.6 тыс. лет, полученная по пылевому концентрату из этого образца, свидетельствует об участии в палиноспектре палиноморф разного возраста (здесь в образце по микроорганике получена дата 30.7 тыс. лет). Об удревненности датировки по пылевому концентрату свидетельствует присутствие в спектре обугленных пылевых зерен и частиц угля размерности пылевых зерен. Содержание углистых частиц составило 15.2% по отношению к общей сумме пыльцы и спор. Таким образом, датировка пылевого концентрата из этого образца недостоверна и заметно удревнена, так как в палиноспектре есть явные признаки переотложения пыльцы и спор.

Палиноспектр из обр. 378-YuV/100, датированного по пылевому концентрату в 28.2 тыс. лет, очень беден, но при этом здесь отсутствуют частицы угля и обугленные палиноморфы, и в спектре доминирует региональный компонент – пыльца карликовой березки (38.4%). Поэтому AMS-дата, полученная по пылевому концентрату, по всей вероятности, отвечает времени формирования повторно-жильного льда. Можно считать, что датировка пылевого концентрата из этого образца, скорее всего, достоверна, так как в нем отсутствуют признаки переотложения пыльцы и спор, практически все палиноморфы имеют хорошую сохранность.

Палиноспектры из жилы 3 отражают несколько иной этап развития растительности и другой режим формирования жильного льда. В спектре верхнего образца из этой жилы, где пылевой концентрат датирован в 36.9 тыс. лет, встречены переотложенные пылевые зерна *Quercus sibirica* Rap. и обрывки пыльцы хвойных пород. Содержание углистых частиц размерности пыльцы составляет 9.9%, а содержание заведомо переотложенных форм – 0.4%, хотя признаки переотложения пыльцы и спор в составе самого палиноспектра выражены неявно. Тем не менее более молодая датировка по микроорганике, полученная ниже из той же жилы, говорит о разновозрастности компонентов палиноспектра. Таким образом, датировка пылевого концентрата из этого образца недостоверна, здесь присутствуют признаки

переотложения органики, палиноморфы имеют различную сохранность.

В нижнем образце из повторно-жильного льда, датированном по пыльцевому концентрату в 43.6 тыс. лет, обнаружена пыльца лиственницы, что, обычно, предполагает участие пыльцы лиственницы в растительном покрове, поскольку пыльца лиственницы редко выдерживает переотложение. В данном образце наиболее высокая концентрация пыльцы и спор. Здесь также очень разнообразен состав пыльцы разнотравья. По микрорганическим включениям этот образец получил существенно более молодую датировку – 30.5 тыс. лет, при этом по щелочной вытяжке получена запредельная датировка. Особенностью данного образца является присутствие пыльцевых зерен, которые сохранили форму, но непрозрачны, в проходящем свете в микроскопе они имеют черный цвет (эти формы не входят в число подсчитанных палиноморф, а составляют 25% по отношению к общей сумме). Среди переотложенных элементов спектра (1%) отмечены *Sporites durabilis*, *Trudopollis* sp., *Leotriletes* sp. Очевидно, переотложение происходит преимущественно во фракции размерности пыльцы, в основном это подвергшиеся диагенезу непрозрачные черные палиноморфы. Таким образом, датировка пыльцевого концентрата из этого образца недостоверна, так как в палиноспектре есть признаки переотложения пыльцы и спор, но при этом практически все палиноморфы имеют хорошую сохранность. О более точном датировании этого палиноспектра можно будет говорить только после повторного исследования.

Таким образом, оба образца из нижней жилы 3, скорее всего, несколько загрязнены несинхронным льдонакоплением материалом, однако с пол-

ной достоверностью на этот вопрос можно ответить после дополнительных исследований разреза, датирование этой жилы, как уже отмечено в [1], осложняется возможным постгенетическим перемещением всего мерзлого массива вниз.

При сравнении датировок пыльцевого концентрата, микрорганических включений и щелочной вытяжки с учетом состава спорово-пыльцевых спектров, можно определить: датировка какой фракции является наиболее достоверной. В некоторых случаях это фракция спорово-пыльцевого концентрата, но чаще, из-за хорошей сохранности пыльцы и спор и из-за возможности их неоднократного переотложения из более древних отложений, более достоверна фракция суммарной микрорганики размерностью более 200 мкм. Очень важным моментом является то, что пыльца и споры, выделенные из повторно-жильного льда, характеризуют региональный пыльцевой дождь, т.е. практически вся определенная пыльца относится к региональным и субрегиональным компонентам. Поэтому по датированным экстрактам пыльцы и спор из жильных льдов возможна вполне адекватная реконструкция и хронология динамики ландшафтов в региональном масштабе.

Работа выполнена при частичном финансировании РФФИ (грант 02-05-64177) и Программы поддержки научных школ (НШ-2067.2003.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., ван дер Плихт Й. и др. // ДАН. 2001. Т. 379. № 1. С. 104–109.
2. Васильчук А.К., Васильчук Ю.К. // ДАН. 2002. Т. 383. № 1. С. 111–115.
3. Васильчук А.К. // Криосфера Земли. 2002. Т. 6. № 2. С. 3–21.