

УДК 551.435.536

НОВЫЕ AMS-ДАТИРОВКИ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОВТОРНО-ЖИЛЬНЫХ ЛЬДАХ НИЖНЕГО ЯРУСА БАТАГАЙСКОЙ ЕДОМЫ, ЯКУТИИ

© 2020 г. Ю. К. Васильчук^{1,*}, Дж. Ю. Васильчук¹, Н. А. Буданцева¹, А. К. Васильчук¹

Представлено академиком РАН Н.С. Касимовым 19.11.2019 г.

Поступило 21.11.2019 г.

После доработки 29.11.2019 г.

Принято к публикации 29.11.2019 г.

Выполнено датирование микровключений органического материала в восьми образцах из нижнего яруса мощных плейстоценовых сингенетических повторно-жильных льдов, вскрывающихся в обнажении Батагайской едомы, расположенной на севере Якутии, в верховьях р. Яны (координаты: 67.58° с.ш., 134.77° в.д.), с помощью ускорительной масс-спектрометрии (AMS). Датированные фрагменты жил формировались в диапазоне от 38120 до 45570 радиоуглеродных лет назад (или от 42.1 до 49 тыс. калибр. лет). По изотопным данным рассчитана среднеянварская температура воздуха позднего плейстоцена от 42 до 49 тыс. калибр. лет назад для Батагайского разреза и для ряда опорных разрезов на северо-западе Якутии. Показано, что наиболее низкая среднеянварская температура воздуха (в этот период была в районе Батагайки (–51°C)), тогда как в районах, которые располагаются на 500–600 км севернее, она была выше на 5–7°C. Это объясняется существованием в позднем плейстоцене – от 42 до 49 тыс. калибр. лет назад зимой – Якутского антициклона, он был так же выражен, как и в настоящее время.

Ключевые слова: сингенетический, повторно-жильные льды, ускорительная масс-спектрометрия (AMS), микровключения, радиоуглерод, поздний плейстоцен, Батагай

DOI: 10.31857/S2686739720020152

Основная задача данной работы – датирование микровключений органического материала, представленного органической пылью: осевшими почвенными и биогенными аэрозолями, органическими пылевидными частицами – пылью и спорами, полициклическими ароматическими углеводородами и др., из мощных плейстоценовых сингенетических повторно-жильных льдов, вскрывающихся в нижней части обнажения Батагайской едомы с помощью ускорительной масс-спектрометрии (AMS) для решения проблемы установления времени начала накопления едомной толщи.

Батагайский разрез (67.58° с.ш., 134.77° в.д.) позднеплейстоценовой едомной толщи, расположенный в Верхоянском улусе, в 10 км от пос. Батагай (рис. 1) является самым высоким обнажением сингенетических повторно-жильных льдов на Земле.

Радиоуглеродные определения возраста микровключений органического вещества из льда жил с применением AMS выполнены в лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН



Рис. 1. Местоположение Батагайской едомной толщи (1) и едомных толщ (2), формировавшихся на севере Якутии синхронно ледяным жилам нижнего яруса (табл. 2).

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: vasilch_geo@mail.ru

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования образцов органического материала из ледяных жил Батагайской едомы в ЦКП “Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии” Института географии РАН и Центра изотопных исследований Университета Джорджии (США)

Полевой номер	Глубина, м (абс. выс., м)	Лабораторный номер	^{14}C , лет назад (1 σ)	Калибров. лет назад (cal BP)	$\delta^{18}\text{O}$, ‰	$\delta^2\text{H}$, ‰
Жила № 5						
18-B-VV/30	12.55 (270.45)	IGAN _{AMS} -6575	41970 ± 350	44992–45640	–34.42	–276.4
18-B-VV/15	14.8 (268.2)	IGAN _{AMS} -6574	46785 ± 470	>49998	–34.32	–255.5
18-B-VV/1	17.0 (266.0)	IGAN _{AMS} -6573	45235 ± 370	48122–49186	–33.82	–256.0
Жила № 6						
18-B-VV/195	16.4 (317.6)	IGAN _{AMS} -6580	38120 ± 250	42116–42491	–35.01	–274.6
18-B-VV/215	27.4 (306.6)	IGAN _{AMS} -6581	>55000**	>55000	–34.26	–262.7
Жила № 7						
18-B-VV/80	2.4 (237.6)	IGAN _{AMS} -6577	48940 ± 580**	50890–47373	–33.21	–260.1
18-B-VV/111	7.0 (233.0)	IGAN _{AMS} -6578	43520 ± 320	46241–47043	–33.98	–254.1
18-B-VV/150	12.8 (227.2)	IGAN _{AMS} -6579	45570 ± 630	>47019	–34.51	–258.6

Примечание. * – калибровка радиоуглеродных датировок выполнена с использованием программ OxCal 4.3.2 и калибровочной кривой IntCal13, Cal 7.1 [2, 3]. ** – курсивом выделены датировки переотложенной органики.

(Москва) и Центра изотопных исследований Университета Джорджии (США), табл. 1.

Ранее нам удалось непротиворечиво датировать ледяные жилы верхнего яруса (залегающие на абс. выс. 315–320 м) в Батагайской едомной толще периодом от 27.1 до 33.8 тыс. калибр. лет назад [1].

В данной работе мы представляем результаты датирования двух нижних ярусов ледяных жил Батагайской едомы, залегающих: средний в интервале 260–290 м и нижний от 225 до 260 м абс. высоты (рис. 2).

Жила № 5 высотой около 16 м (но вскрыты только нижние 8 м льда), шириной около 1.5 м, располагается в интервале высот от 266 до 282 м (но верхние около 8 м перекрыты осыпью). Из микро- и мезовключений органического вещества во льду этой жилы получены 3 радиоуглеродные датировки в интервале 266–270.45 м от 45–46.7 до 41.9 тыс. лет (или от 48.1 до 44.9 к тыс. калибр. лет).

Жила № 6 высотой около 28 м, шириной более 1.5 м, располагается в интервале высот от 305 до 333.65 м. Из микро- и мезовключений органического материала во льду нижнего фрагмента этой жилы получены две радиоуглеродные датировки в интервале 306.6–317.6 м от более чем 55 до 38.1 тыс. лет (или до 42.1 тыс. калибр. лет). Запретельная датировка скорее всего получена по органическому веществу, переотложенному из более древних отложений; такое переотложение и высокая степень сохранности заметно более старого органического материала являются обычным яв-

лением для синкриогенного осадконакопления и формирования едомных толщ [4].

Жила № 7 двухъярусная, высотой более 13 м, шириной около 2 м, располагается в интервале высот от 226 до 239 м. Из микро- и мезовключений органической пыли во льду этой жилы получены три радиоуглеродные датировки в интервале 227.2–237.6 м от 48.9 до 43.5 тыс. лет (или до 46.2 тыс. калибр. лет). Датировка 48.9 тыс. лет, по всей вероятности, получена по переотложенному дисперсному органическому веществу.

В распределении радиоуглеродных датировок в трех датированных жилах выявлена вполне закономерная тенденция уменьшения возраста снизу–вверх; особенно явно это видно по распределению датировок в жиле № 5 и в нижних 5 м жилы № 7. Вместе с тем отмечены и аномалии в датировании мезовключений органического вещества из жилы № 7 – это более древняя дата – 48.9 тыс. лет – зафиксированная в верхней части жилы, а в жиле № 6 нижняя датировка – более 50 тыс. лет. Но следует признать датирование указанных трех жил вполне удовлетворительным и позволяющим говорить о достаточно достоверном определении начала формирования едомы в толще Батагайского разреза.

Обобщая все полученные из ледяных жил новые радиоуглеродные AMS-датировки, можно с большой долей вероятности заключить, что обследованные авторами мощные плейстоценовые сингенетические повторно-жильные льды, вскрывающиеся в нижней части обнажения Батагайской едомы, формировались 38–47 тыс. лет назад, или примерно 42–49 тыс. калибр. лет назад.

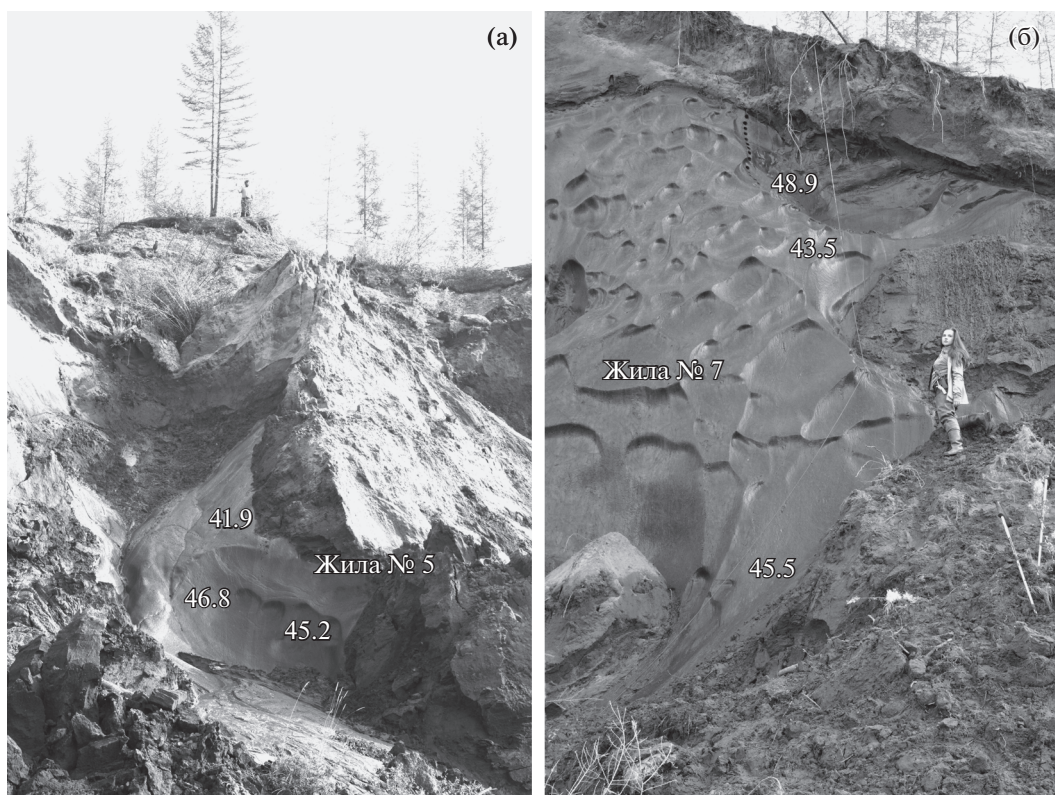


Рис. 2. Фрагменты Батагайской едомной толщи с мощными позднеплейстоценовыми сингенетическими повторно-жильными льдами нижнего яруса, из которых был выполнен отбор образцов для AMS ^{14}C -определений: а – ПЖЛ № 5, б – нижний фрагмент ПЖЛ № 7. Белыми кружками показано положение точки отбора, цифрами полевой номер и ^{14}C -датировки.

Возраст многолетнемерзлых Батагайских отложений оценивается пока очень противоречиво. В работе Дж. Мёртона с соавторами [5] корешки *in situ* с глубины 18.5 м датированы 36300 ± 700 лет (Poz-75782), а древесина с глубины 46–47 м 49320 ± 3150 лет (МАГ-2047). Дж. Мёртон подчеркивает, что возраст 36.3 тыс. радиоуглеродных лет назад, полученный ими в Батагайке, – это единственная дата, которую можно с уверенностью считать конечной. При этом он полагает,

что нижние слои могут быть датированы и 71–130 тыс. лет назад, и 191–243 тыс. лет назад [5].

К. Ашастина [6] на основании анализа полученных OSL датировок (142.8; 160.9 тыс. лет и древнее) предположила, что обнажение имеет возраст, по крайней мере, середины плейстоцена. Но возраст едомных отложений К. Ашастина [6] оценивает от 51 до 12 тыс. лет назад. Т. Опель с соавторами [7] выполнили радиоуглеродное датирование вмещающих жилы отложений в разрезе 2, расположенном поблизости от датированной ав-

Таблица 2. Среднеянварские ($t_{я}$) палеотемпературы на северо-западе Якутии, 42–47 калибр. тыс. лет назад, реконструированные по изотопно-кислородному составу ($\delta^{18}\text{O}_{\text{ПЖЛ}}$) повторно-жильных льдов

Пункт, координаты и источник	$\delta^{18}\text{O}_{\text{ПЖЛ}}$, ‰		$t_{я}^{\circ}$	
	42–47 калибр. тыс. лет назад	Современные	42–47 калибр. тыс. лет назад	Современные
Батагай, 67.58° с.ш., 134.77° в.д.	–34	–30	–51	–45
Ойгосский Яр, 72,7 с.ш., 143°30' [9]	–29.5	–24.4	–44	–30.4
Мамонтова Хаята, 71°61' с.ш., 129°28' в.д. [10]	–30.2	–23	–45	–31
о. Курунгах 72°20' с.ш., 126°18' в.д. [11]	–31.8	–24.6	–48	–34.3
Кулар 70°38' с.ш., 131°53' в.д. [12]	–31	–25	–46	–36

торами жилы № 5 и получили две запредельные и две конечные датировки: на глубине 11 м 38348 ± 236 лет и на глубине 20.3 м 47550 ± 677 лет [7].

Это подтверждает формирование едомной толщи в нижней части Батагайского разреза 38–47 тыс. лет назад, или примерно 42–49 тыс. калибр. лет назад.

По формуле [8] авторами рассчитана среднеянварская температура воздуха позднего плейстоцена от 42 до 49 тыс. калибр. лет назад на северо-западе Якутии для ряда опорных разрезов, расположенных на 300–500 км к северу от Батагайской едомы (табл. 2). Наиболее низкая среднеянварская температура воздуха в этот период была в районе Батагайки (-51°C), тогда как в районах, расположенных на 300–500 км севернее, она была выше на $5-7^\circ\text{C}$. Это объясняется существованием Якутского антициклона зимой – от 42 до 49 тыс. калибр. лет назад, он был так же выражен, как и в настоящее время.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования финансировались РНФ (грант 19–17–00126).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk J.Yu.* // Doklady Earth Sciences. 2019. V. 489. Part 1. P. 1318–1321. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19110096>
2. *Stuiver M., Reimer P.J., Reimer R.* Radiocarbon calibration program Calib 7.1. 2019. <http://calib.org> 26 янв. 2019
3. *Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., et al.* // Radiocarbon 2013. V. 55(4). https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947
4. *Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C.* // Geo Res J. 2017. V. 13. P. 83–95. <https://doi.org/10.1016/j.grj.2017.02.004>
5. *Murton Ju.B., Edwards M.E., Lozhkin A.V., et al.* // Quaternary Research. 2017. V. 87. P. 314–330. <https://doi.org/10.1017/qua.2016.15>
6. *Ashastina K., Schirrmeister L., Fuchs M., Kienast F.* // Climate of the Past. 2017. V. 13. P. 795–818. DOI.org/10.5194/cp-13-795-2017.
7. *Opel T., Murton J.B., Wetterich S., et al.* // Climate of the Past. 2019. V. 15. P. 1443–1461. <https://doi.org/10.5194/cp-15-1443-2019>
8. *Vasil'chuk Yu.K.* // Water Resources. 1991. V. 17. № 6. P. 640–647.
9. *Opel T., Wetterich S., Meyer H., et al.* // Climate of the Past. 2017. V. 13. P. 587–611. <https://doi.org/10.5194/cp-13-587-2017>
10. *Meyer H., Dereviagin A.Yu., Siebert C., Hubberten H.-W.* // Polarforschung. 2002. B.70. S. 37–51.
11. *Wetterich S., Kuzmina S., Andreev A.A., et al.* // Quaternary Science Reviews. 2008. V. 27. Iss. 15–16. P. 1523–1540. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.04.007>
12. *Васильчук Ю.К.* // Доклады АН СССР. 1990. Т. 310. № 1. С. 154–157.

NEW AMS DATES OF ORGANIC MICROINCLUSIONS IN ICE WEDGES OF THE LOWER PART OF BATAGAY YEDOMA, YAKUTIA

Yu. K. Vasil'chuk^{a, #}, J. Yu. Vasil'chuk^a, N. A. Budantseva^a, and A. C. Vasil'chuk^a

^a *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

[#] *E-mail: vasilch_geo@mail.ru*

The organic microinclusions were dated using accelerator mass spectrometry (AMS) in 8 samples from the lower part of thick Pleistocene syngenetic ice wedges, exposed in the outcrop of the Batagay megaslump, located in the north of Yakutia, the upper Yana river (coordinates: 67.58°N , 134.77°E). Dated ice wedge fragments were formed in the range from 38 120 to 45 570 radiocarbon years ago (or from 42.1 to 49 calibrated ka BP). According to isotope data, the Late Pleistocene average January temperature was estimated for the period from 42 to 49 cal ka BP for the Batagay section and for a number of supporting sections, in the northwest of Yakutia. It was shown that the lowest average January air temperature during this period was observed in Batagay region (-51°C), while in areas that are located 500–600 km to the north it was $5-7^\circ\text{C}$ higher. This is explained by the existence of winter anticyclone in Yakutia in the Late Pleistocene – from 42 to 49 cal ka BP, that was as distinct than, as it is now.

Keywords: syngenetic, ice wedges, accelerator mass spectrometry (AMS), microinclusions, radiocarbon, Late Pleistocene, Batagay