

Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А. Стабильные изотопы кислорода в новых разрезах едомных и голоценовых отложений поселка Черский, низовья реки Колымы // Арктика и Антарктика. — 2018. - № 3. - С.95-106. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27600. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_27600.html

Vasil'chuk Yu.K., Budantseva N.A. 2018. Stable oxygen isotopes in new sections of the yedoma and Holocene sediments of the Chersky town, the lower Kolyma River. Arctic and Antarctic. — 2018. - N 3. - С.95-106. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27600. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_27600.html

Стабильные изотопы кислорода в новых разрезах едомных и голоценовых отложений поселка Черский, низовья реки Колымы

Васильчук Юрий Кириллович

доктор геолого-минералогических наук

профессор, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ)

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 2009

Vasil'chuk Yuriy Kirillovich

Doctor of Geology and Mineralogy

Professor, the department of Geochemistry of Landscapes and Soil Geography, Lomonosov Moscow State University

119991, Russia, Moscow, ul. Leninskie Gory, 1, of. 2009

✉ vasilch_geo@mail.ru

[Другие публикации этого автора](#)



Буданцева Надежда Аркадьевна

кандидат географических наук

старший научный сотрудник, МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв

11991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 2007

Budantseva Nadine Arkad'evna

PhD in Geography

11991, Russia, g. Moscow, ul. Leninskie Gory, 1, of. 2007

✉ nadin.budanceva@mail.ru



Аннотация

Предметом исследования являются позднеплейстоценовые и голоценовые повторно-жильные льды, вскрытые в новом разрезе едомной толщи поселка Черский и в небольшом голоценовом разрезе на берегу озера, изученном близ научной станции на окраине Черского. В едомной толще вскрыты сравнительно небольшие фрагменты ледяных жил, шириной до 1,5 м и высотой до 2 м. Повторно-жильные льды в этих двух

разрезах были опробованы для уточнения палеоклиматических условий их формирования. Основными методами исследования являются полевое изучение повторно-жильных льдов и вмещающих их отложений, их опробование и анализ изотопно-кислородного состава льда жил. Измерения изотопного состава кислорода льда выполнены в режиме постоянного потока гелия (CF-IRMS) на масс-спектрометре Delta-V с использованием комплекса газ-бенч. Новизна исследования заключается, прежде всего, в том, что изучено новое ранее не описанное обнажение позднеплейстоценовых ледяных жил в пос. Черский, а также небольшая голоценовая жилка на окраине поселка. Значения $\delta^{18}\text{O}$ в позднеплейстоценовых жилах варьируют от $-32,24$ до $-31,45\text{‰}$, а в голоценовой жиле от $-27,94$ до $-26,37\text{‰}$.

Ключевые слова: изотопы кислорода, плейстоцен, голоценовые озерные отложения, едома, многолетнемерзлые породы, повторно-жильный лед, Колыма, Якутия, Сибирь, палеотемпература

DOI:

10.7256/2453-8922.2018.3.27600

Дата направления в редакцию:

14-10-2018

Дата рецензирования:

14-10-2018

Дата публикации:

26-10-2018

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 18-05-60272, изотопные исследования и 17-05-00793, обобщение данных и бюджетного финансирования Московского университета имени М.В. Ломоносова с использованием масс-спектрометрического оборудования, приобретенного на средства Программы развития МГУ.

Abstract

The object of the study are Late Pleistocene and Holocene ice wedges in a new exposures near Chersky settlement. Relatively small fragments of the Late Pleistocene ice wedges, up to 1.5 m wide and up to 2 m high, were exposed in the yedoma complex. Fragments of Holocene ice wedges were exposed in the lacustrine sediments in shallow gully near small lake. Ice wedges were sampled to clarify the paleoclimatic conditions of their growth. The main methods are field studies of ice wedges and enclosing sediments and analysis of stable oxygen isotopes of the wedge ice. Stable oxygen composition was measured in the helium flow regime (CF-IRMS) on the Delta-V mass spectrometer using the gas-bench complex. The data obtained in the study are new for the Chersky settlement, these exposures with Late Pleistocene and Holocene ice wedges were not previously described. $\delta^{18}\text{O}$ values in the Late Pleistocene ice wedges vary from -32.24 to -31.45‰ , and in the Holocene ice wedge from -27.94 to -26.37‰ .

Keywords:

Yakutia, Kolyma River, stable oxygen isotope, Pleistocene, Holocene lacustrine sediments, yedoma, permafrost, ice wedge, Siberia, palaeotemperature

Район исследований и отбор образцов

В пределах пос. Черский в низовьях реки Колымы ($68^{\circ} 45' 11''$ с.ш., $161^{\circ} 19' 55''$ в.д.) на северо-востоке Якутии (рис. 1, а, б) впервые исследован останец едомной толщи, сохранившийся в береговой части поселка (рис. 2).



Рис. 1. Местоположение пос. Черский (отмечен красной точкой) в низовьях р.Колымы (а) и расположение берегового обнажения едомной толщи (отмечено красной точкой) на окраине пос.Черский (б)

На окраине пос. Черский, в 300 м ниже от пристани на правом берегу р.Колымы вскрыта едомная вкладка, вложенная в доплейстоценовые скальные породы. Отложения представлены тяжелой темно-серой супесью с незначительным содержанием органики. Высота обнажения 20-25 м. На глубине 1-1,5 м вскрыты ледяные жилы (рис. 2, а, б, рис. 3). Они сравнительно узкие, шириной во фронтальном срезе не более 1 м.

В одной из наиболее хорошо вскрытых жил (рис. 2, в) в интервале глубин от 1,5 до 4 м произведен отбор образцов льда. Лед жилы темно-серый, вертикально-слоистый с прожилками прозрачного льда, с автохтонными включениями супеси в виде грунтовых жилок шириной 2-3 мм, расположенных через 1 см (рис. 4).

а



б



в



Рис. 2. Едомная толща с ледяными жилами на окраине Черского. Фото Н. Буданцевой и Ю.Васильчука

а



б



Рис. 3. Крупная ледяная жила на окраине Черского. Фото Н. Буданцевой



Рис. 4. Текстура позднеплейстоценового повторно-жильного льда из едомной толщи на окраине Черского. Фото Ю.Васильчука

В одной из жил залегающих в едомной толще (см. рис. 2, в) выполнен отбор образцов для анализа изотопно-кислородного состава (рис. 5).

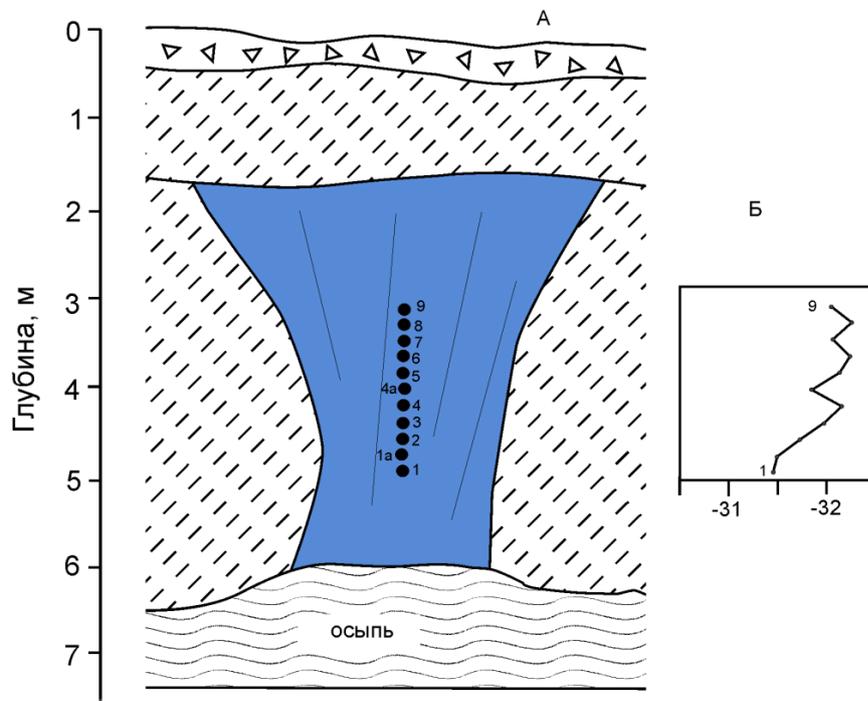


Рис. 5. Отбор образцов из позднеплейстоценовой ледяной жилы в районе пос.Черский, август 2018 г. (А) и вариации изотопно-кислородного состава во льду (Б)

Также исследованы голоценовые повторно-жильные льды в районе пос.Черский. В 1 км от ст.Орбита, в 1,5-2 км от пос.Черский на водораздельной поверхности расположено озерно-болотное понижение. Отложения здесь представлены суглинками, заторфованными с поверхности. Ручьи, вытекающие из озер, образуют промоины и овраги, в которых вскрыты фрагменты небольших голоценовых повторно-жильных льдов. В борту ручья, вытекающего из оз.Щучье, в серых суглинках с пятнами и полосами ожелезнения вскрыты ледяные жилы (рис. 6).



Рис. 6. Голоценовая озерная толща (а) с небольшими ледяными жилами (б) на окраине Черского

Одна из наиболее хорошо вскрытых голоценовых жил была исследована более детально. Ширина жилы в верхней части около 0,6 м, вскрытая мощность около 0,5 м. Лед жилы серовато-желтый, вертикально-слоистый, с мелкими пузырьками воздуха, вертикально ориентированными (рис. 7). Из жилы на глубине 0,2 м выполнен отбор образцов льда по горизонтали, всего отобрано 9 образцов (рис. 8).

Методы измерений

Измерения изотопного состава кислорода льда выполнены в режиме постоянного потока гелия (CF-IRMS) на масс-спектрометре Delta-V с использованием комплекса газ-бенч. Для калибровки измерений использовались международные стандарты V-SMOW, SLAP, собственный лабораторный стандарт МГУ – снег ледника Гарабаши ($\delta^{18}\text{O} = -15.60\text{‰}$). Погрешность определений составила $\pm 0.1\text{‰}$ для $\delta^{18}\text{O}$.



Рис. 7. Текстура голоценового повторно-жильного льда из озерной толщи на окраине Черского Фото Н. Буданцевой

Результаты и обсуждение

Стабильные изотопы кислорода в позднеплейстоценовых едомных повторно-жильных льдах

Значения $\delta^{18}\text{O}$ во льду позднеплейстоценовой ледяной жилы оказались довольно низкими и варьировали от $-31,45$ до $-32,26$ ‰, при этом заметно снижение значений $\delta^{18}\text{O}$ снизу-вверх в опробованном фрагменте жилы (табл. 1, см. рис. 5, Б). Эти данные хорошо согласуются с данными изотопно-кислородного состава по льду позднеплейстоценовых жил едомного комплекса Станчиковский Яр в низовьях р.Колымы: в жилах нижнего и среднего ярусов получены вариации значений $\delta^{18}\text{O}$ от $-31,06$ до $-33,18$ ‰ [1] и от $-30,1$ до $-32,1$ ‰ [2, 3]. Также близкие значения получены Ю.К. Васильчуком для верхней части (глубина от 1 до 8,5 м) едомы Зеленого Мыса [4] от $-30,3$ до $-32,8$ ‰, в настоящее время заплывшей.

Стабильные изотопы кислорода в голоценовых повторно-жильных льдах

Значения $\delta^{18}\text{O}$ во льду жилы вскрытой ручьем в голоценовых озерно-болотных суглинках оказались в среднем на 4 ‰, чем в жилах позднеплейстоценовой едомной толщи на окраине пос.Черский, и варьировали от $-26,37$ до $-27,94$ ‰ (см. табл. 1, рис. 8, Б), при этом наиболее заметные вариации значений $\delta^{18}\text{O}$ (около 1,5 ‰) отмечены в правом фрагменте жилы, в то время как для большей части жилы значения $\delta^{18}\text{O}$ оказались очень близкими (около $-27,5$ ‰).

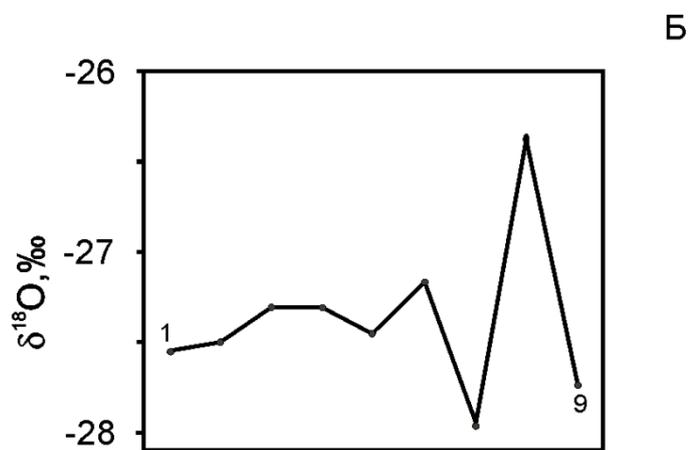
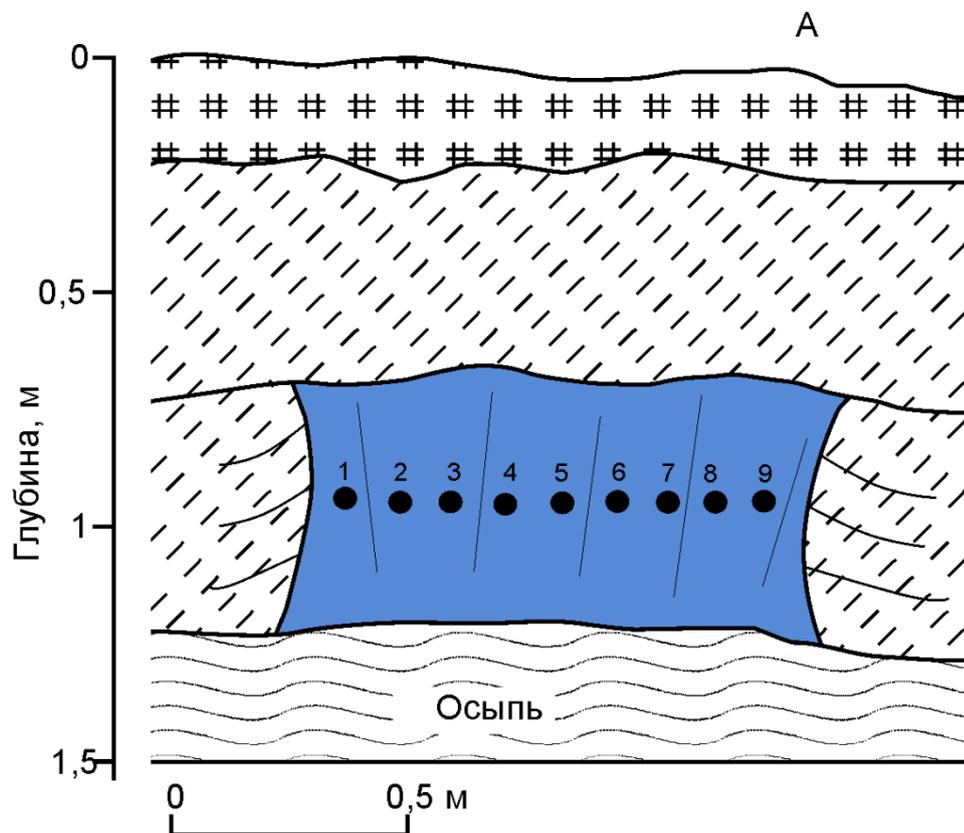


Рис. 8. Отбор образцов из голоценовой ледяной жилы в районе пос.Черский, август 2018 г. (А) и вариации изотопно-кислородного состава во льду (Б)

В современных жильных ростках криолитозоны России и низовой реки Колымы в частности, Ю.К. Васильчуком [5] установлена связь со среднезимней температурой воздуха $T_{\text{ср.зим}}$ с коэффициентом равным 1,0, с точностью ± 2 °С, и со среднеянварской температурой воздуха $T_{\text{ср.янв}}$ с коэффициентом 1,5, с точностью ± 3 °С.

Таблица 1. Вариации $\delta^{18}\text{O}$ в позднеплейстоценовых и голоценовых повторно-жильных льдах в районе пос.Черский, низовья р.Колымы

№ образца	Глубина, м	$\delta^{18}\text{O}$, ‰
<i>Голоценовая ПЖЛ в обнажении ручья</i>		
18K-Ch-VB/1	0,9	-27,54
18K-Ch-VB/2	0,9	-27,50
18K-Ch-VB/3	0,9	-27,31
18K-Ch-VB/4	0,9	-27,31
18K-Ch-VB/5	0,9	-27,45
18K-Ch-VB/6	0,9	-27,16
18K-Ch-VB/7	0,9	-27,94
18K-Ch-VB/8	0,9	-26,37
18K-Ch-VB/9	0,9	-27,74
<i>Позднеплейстоценовая ПЖЛ в едомной толще вблизи пос.Черский</i>		
18K-CP-VB/1	3,1	-31,45
18K-CP-VB/1a	3,2	-31,49
18K-CP-VB/2	3,4	-31,72
18K-CP-VB/3	3,6	-31,97
18K-CP-VB/4	3,8	-32,16
18K-CP-VB/4a	4,0	-31,84
18K-CP-VB/5	4,1	-32,13
18K-CP-VB/6	4,3	-32,24
18K-CP-VB/7	4,5	-32,07
18K-CP-VB/8	4,7	-32,26
18K-CP-VB/9	4,9	-32,05

Эти зависимости описываются следующими уравнениями:

$$T_{\text{ср.зим}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{пжл}}(\pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}); \quad (1)$$

$$T_{\text{ср.янв}} = 1.5\delta^{18}\text{O}_{\text{пжл}}(\pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}). \quad (2)$$

Вариации значений $\delta^{18}\text{O}$ во льду исследованных позднеплейстоценовых жил составили менее 1 ‰ в диапазоне $-31,45$ до $-32,26$ ‰.

Применяя зависимости (1) и (2), можно сделать вывод, что в районе пос. Черского в конце плейстоцена среднезимняя температура воздуха варьировала в диапазоне от $-31,5$ до $-32,5$ °C, средняя температура воздуха наиболее холодного зимнего месяца (января или февраля) изменялась от -47 до -49 °C.

Вариации значений $\delta^{18}\text{O}$ во льду исследованных голоценовых жил составили чуть более 1,5 ‰ в диапазоне $-26,37$ до $-27,94$ ‰.

Применяя зависимости (1) и (2), можно сделать вывод, что в районе пос. Черского в конце голоцена среднезимняя температура воздуха варьировала в диапазоне от -26 до -28 °C, средняя температура воздуха наиболее холодного зимнего месяца (января или февраля) изменялась от -39 до -42 °C.

Близкие значения изотопно-кислородного состава льда жил едомных толщ района пос.Черский, едомы Зеленого Мыса и Станчиковского Яра могут являться свидетельством стабильных климатических условий зимнего периода в низовьях Колымы в позднем плейстоцене. В голоцене произошло явное повышение среднезимних температур воздуха в среднем на 4°С.

Выводы

1. Формирование сингенетических повторно-жильных льдов в районе Черского происходило конце позднего плейстоцена, а в пределах озерных котловин и торфяников зафиксировано в конце голоцена.
2. Вариации $\delta^{18}\text{O}$ в позднеплейстоценовых жилах не превышали 1 ‰ и варьировали в диапазоне от $-31,45$ до $-32,26$ ‰, а в позднеголоценовых жилах изменялись более, чем на 1,5 ‰ в диапазоне $-26,37$ до $-27,94$ ‰.

Библиография

1. Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Бартова А.В., Зимов С.А. Вариации стабильных изотопов кислорода в повторно-жильных льдах циклитной едомы Станчиковского Яра на реке Малый Анюй // Арктика и Антарктика. 2018. № 3. С. 37-56. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27121. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_27121.html (Vasil'chuk Yu.K., Budantseva N.A., Bartova A.V., Zimov S.A. Variations of stable oxygen isotopes in ice wedges of the cyclite yedoma of Stanchikovskiy Yar on the Maly Anyuy River. Arctic and Antarctic. — 2018. - N 3. - P. 37-56. DOI: 10.7256/2453-8922.2018.3.27121. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_27121.html)
2. Николаев В.И., Михалев Д.В., Романенко Ф.А., Брилли М. Реконструкция условий формирования многолетнемерзлых пород Северо-Востока России по результатам изотопных исследований (на примере опорных разрезов Колымской низменности) // Лед и снег, 2010, № 4, с. 79–90.
3. Михалев Д.В., Николаев В.И., Романенко Ф.А. Реконструкция условий формирования подземных льдов Колымской низменности в позднем плейстоцене – голоцене // Вестник Московского университета, серия география, 2012, №5, с. 35–42.
4. Vasil'chuk Yu.K., Yesikov A.D., Oprunenko Yu.F., Petrova Ye.A., Vasil'chuk A.C., Sulerzhitskiy L.D. New data of stable oxygen isotopes composition in syngenetic Late Pleistocene ice wedge of the lower Kolyma River // Transactions (Doclady) of the USSR Academy of Sciences. Earth Science Sections. Published by Scripta Technica, Inc. A Wiley Company. New York, 1985, vol. 281, N2, p. 91–94.
5. Vasil'chuk Yu.K. Reconstruction of the palaeoclimate of the late Pleistocene and Holocene on the basis of isotope studies of subsurface ice and waters of the permafrost zone // Water Resources, 1991, vol. 17, N6, p. 640–674.

References (transliterated)

1. Vasil'chuk Yu.K., Budantseva N.A., Bartova A.V., Zimov S.A. Variatsii stabil'nykh izotopov kisloroda v povtorno-zhil'nykh l'dakh tsiklitnoi edomy Stanchikovskogo Yara na reke Malyi Anyui // Arktika i Antarktika. 2018. № 3. DOI: 10.7256/2453-8922.0.0.27121. URL: http://e-notabene.ru/arctic/article_27121.html
2. Nikolaev V.I., Mikhalev D.V., Romanenko F.A., Brill M. Rekonstruktsiya uslovii formirovaniya mnogoletnemerzlykh porod Severo-Vostoka Rossii po rezul'tatam izotopnykh issledovaniy (na primere opornykh razrezov Kolymskoi nizmennosti) // Led i sneg, 2010, № 4, s. 79–90.
3. Mikhalev D.V., Nikolaev V.I., Romanenko F.A. Rekonstruktsiya uslovii formirovaniya podzemnykh l'dov Kolymskoi nizmennosti v pozdnem pleistotsene – golotsene // Vestnik Moskovskogo universiteta, seriya geografiya, 2012, №5, s. 35–42.
4. Vasil'chuk Yu.K., Yesikov A.D., Oprunenko Yu.F., Petrova Ye.A., Vasil'chuk A.C.,

- Sulerzhitskiy L.D. New data of stable oxygen isotopes composition in syngenetic Late Pleistocene ice wedge of the lower Kolyma River // Transactions (Doclady) of the USSR Academy of Sciences. Earth Science Sections. Published by Scripta Technica, Inc. A Wiley Company. New York, 1985, vol. 281, N2, p. 91–94.
5. Vasil'chuk Yu.K. Reconstruction of the palaeoclimate of the late Pleistocene and Holocene on the basis of isotope studies of subsurface ice and waters of the permafrost zone // Water Resources, 1991, vol. 17, N6, p. 640–674.