Новые данные о времени извержения вулкана Лаахерзее и хронология резких изменений климата в Европе 12–13 тысяч лет назад

Ярослав Кузьмин

В журнале *Nature* 1 июля 2021 г. опубликованы новые результаты определения времени извержения вулкана Лаахерзее (Laacher See) в Рейнской области (Германия), тесно связанного с началом значительного похолодания в самом конце плейстоцена, около 12–13 тысяч лет назад, носящего название «поздний дриас» (Younger Dryas). Связь данных событий ранее была неясна, что затрудняло корреляцию (сопоставление) климатических условий этого времени на обширной территории Центральной и Западной Европы, а также в северной Атлантике и Гренландии.

Вулканический пепел (тефра) является хорошим хронологическим маркером, поскольку извержения вулканов обычно продолжаются недолго (от нескольких часов до нескольких недель), а разнос пепла некоторых извержений составляет сотни и тысячи километров. В геологии и археологии в настоящее время вулканические пеплы с известным временем и местом извержения широко используются для корреляции (т.е. связи) отложений и культурных слоёв древних поселений (см. Кузьмин, 2017. С. 242–244).

Одним из наиболее важных в Европе является пепел извержения «одноразового» вулкана (маара) **Лаахерзее (Laacher See)** в Рейнской области Германии, недалеко от г. Андернах (федеральная земля Рейнланд-Пфальц). Сейчас это курортное место, а около 13 тысяч лет назад окрестности кратера, занятого сегодня озером Лаахерзее, представляли собой сцену сильного разрушения ландшафта в результате мощнейшего взрыва и выброса пемзы и пепла общим объемом около 20 км^3 на значительные расстояния (рис. 1).

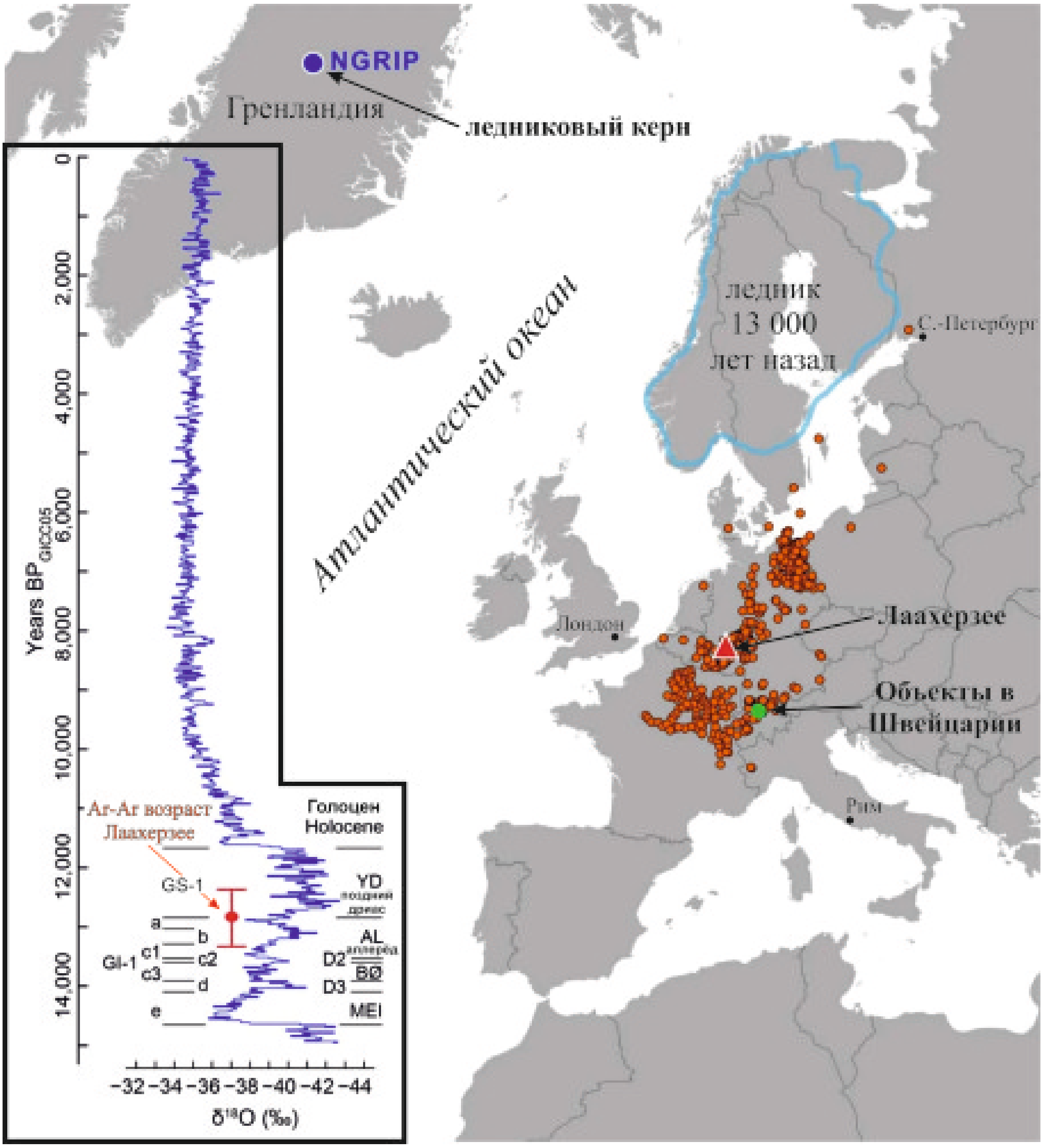

Рис. 1. Распространение пепла Лаахерзее (Laacher See tephra, LST) в Европе (красные точки); в рамке – изменения изотопного состава кислорода в ледниковом керне NGRIP (Гренландия) за последние 15 тыс. лет и основные палеоклиматические события позднеледниковья: GI-1 – гренландский интерстадиал 1, GS-1 – гренландский стадиал 1; BØ – бёллинг; AL – аллерёд; YD – поздний дриас (Reining et al., 2021).

В палеогеографии конца плейстоцена (ледникового периода) важнейшими являются вопросы, связанные с быстрыми и резкими изменениями климата в интервале 11–15 тысяч лет назад (рис. 1, в рамке); это время носит общее название «позднеледниковье». Так, сильное похолодание в самом конце плейстоцена, называемое «поздний дриас» (Younger Dryas, YD), рассматривается как аналог ледниковых условий, и его хронология чрезвычайно важна для палеоклиматологии. Возраст извержения Лаахерзее был ранее определен как 12 900 ± 560 лет по данным аргон–аргонового датирования тефры (рис. 1), но значительная ошибка измерения ограничивала возможность детальной привязки к палеоклиматическим событиям. Шанс получить данные о точном времени извержения Лаахерзее послужил мотивацией работы Ф. Рейнига с соавторами, опубликованной в журнале *Nature* (Reinig et al., 2021).

Вулканические продукты в районе кратера Лаахерзее представляют собой пемзу и твердые частицы, спёкшиеся в плотную массу (игнимбриты), мощностью от 16 м вокруг жерла до 2–8 м в радиусе 15–20 км от него (рис. 2–3); такой материал в вулканологии называется пирокластикой (от греч. *пирос* – огонь, и *кластика* – обломки). Произраставшие в окрестностях вулкана деревья были уничтожены, а их стволы подверглись обугливанию (рис. 2–3). Лишь в редких случаях сохранились хорошо выраженные древесные кольца (образец Poplar 1, найден в окрестностях озера, точное место неизвестно; хранился в

Университете Хоэнхайм, г. Штутгарт, Германия). У образца Poplar 1 насчитывается 95 колец (рис. 4, б); для него было получено 85 радиоуглеродных (^{14}C) дат, что позволило надёжно сопоставить его возраст с опорной шкалой для Швейцарии. Всего для трёх стволов из района Лаахерзее было сделано 157 ^{14}C дат (рис. 4, а). Данная методика носит название «подгонка по зубцам» (см. детали: Кузьмин, 2017. С. 169–171), и позволяет с очень высокой точностью «привязать» последовательность древесных колец с известным ^{14}C возрастом к абсолютной шкале времени. Установлено, что извержение Лаахерзее произошло **13 006 ± 9 календарных лет назад** (рис. 4, а). Зная это, предлагается в будущем провести поиск следов события Лаахерзее (в виде микроскопических частиц вулканического пепла) в гренландских ледниковых кернах, в интервале около 12 975–13 015 лет назад.

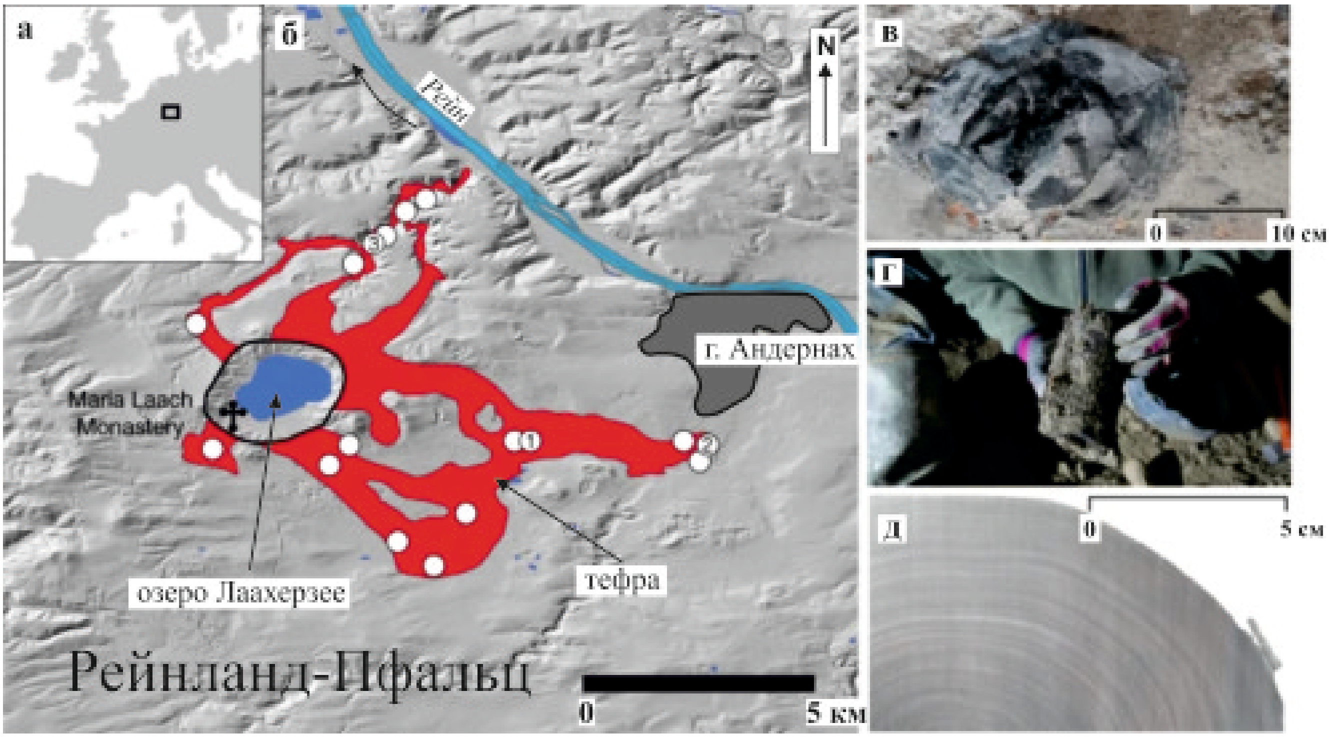

Рис. 2. Распространение тефры в окрестностях вулкана Лаахерзее: а – общая схема; б – срез одного из сгоревших стволов дерева; в – вид одного из сгоревших стволов дерева; г – рентгенограмма одного из стволов (хорошо видны древесные кольца) (Reining et al., 2021).

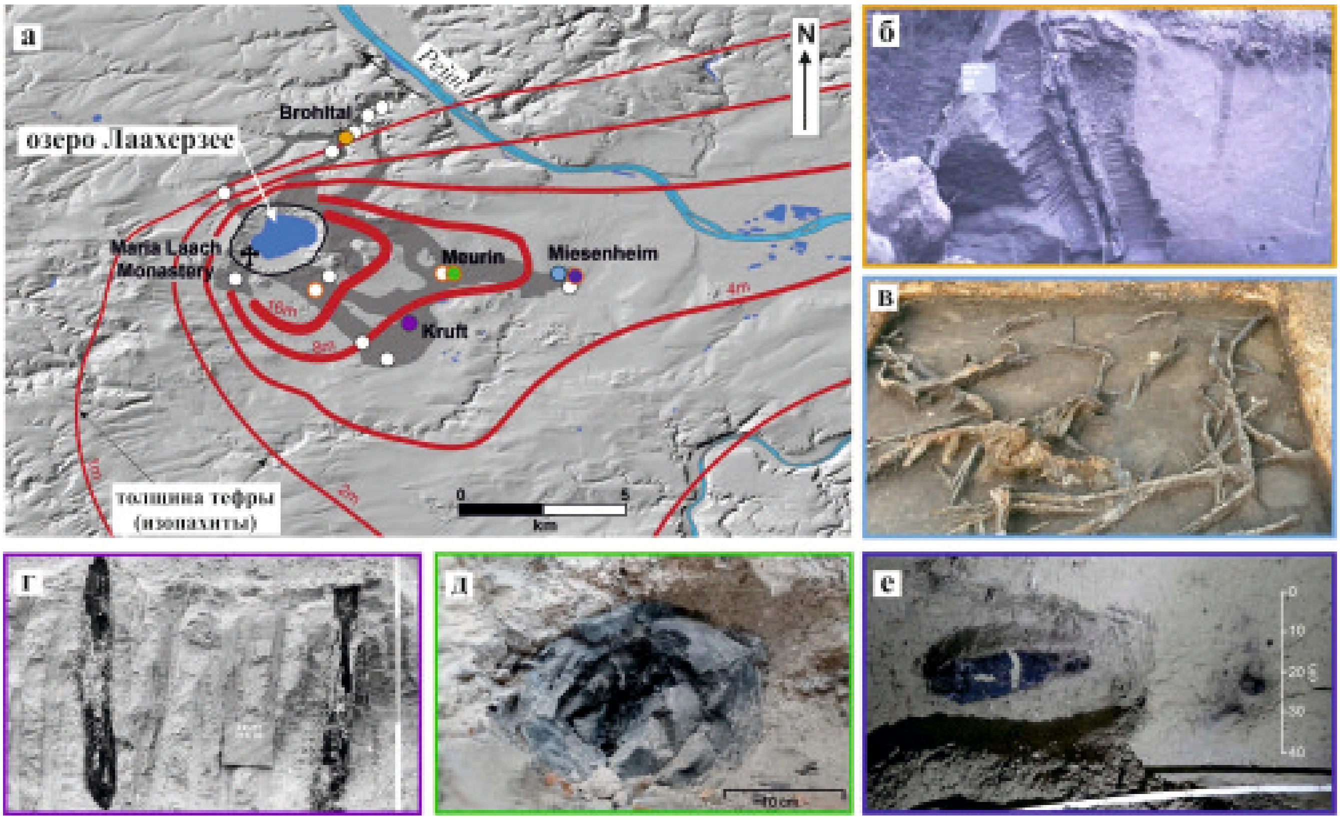

Рис. 3. Находки стволов деревьев, погребенных при извержении вулкана Лаахерзее: а – находки стволов деревьев (белые кружки) и толщина тефры LST в окрестностях озера Лаахерзее; б–е – вид находок стволов деревьев (в данной работе использованы образцы «б» и «д») (Reining et al., 2021).

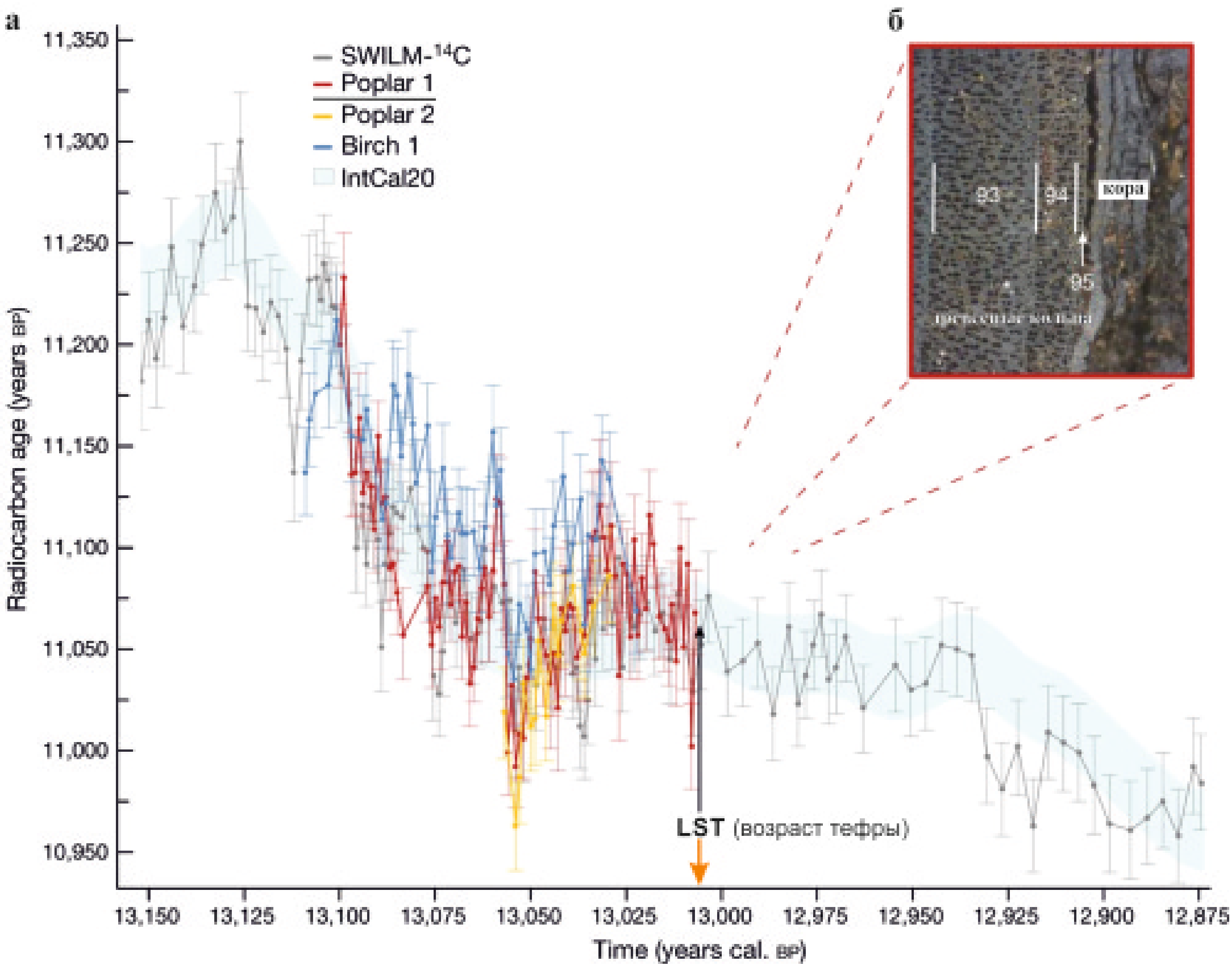

Рис. 4: а – высокоразрешающая последовательность 14C дат древесных колец в трёх образцах сгоревших деревьев из района вулкана Лаахерзее (основной образец – Poplar 1) на фоне кривой 14C возраста позднеледниковых деревьев Швейцарии (SWILM-14C) и калибровочной кривой IntCal20; б – увеличенная фотография последних древесных колец (№№ 93–95) и коры образца Poplar 1 (Reining et al., 2021).

Таким образом, авторы выяснили, что возраст пепла Лаахерзее и время начала позднего дриаса примерно на 130 лет древнее тех величин, которые принимались ранее (рис. 5). Этот факт имеет важнейшее значение для выяснения связи извержения с палеоклиматическими событиями в Европе и северной Атлантике. Если сдвинуть время извержения на 126 лет назад (рис. 5), станет очевидно, что поздний дриас и гренландское похолодание GS-1 начались практически одновременно; прежде считалось, что разница между ними составляет 200 лет. Начало позднего дриаса теперь можно определить как **12 807 ± 12 календарных лет назад**. Поскольку ранее возраст начала похолодания GS-1 был установлен как 12 846 ± 138 календарных лет назад, стало очевидно, что переход от потепления GI-1 к похолоданию GS-1 одновременен началу позднего дриаса. Из этого следует вывод о том, что извержение Лаахерзее не было «спусковым крючком» для начала похолодания GS-1 (рис. 6), как считали некоторые исследователи.

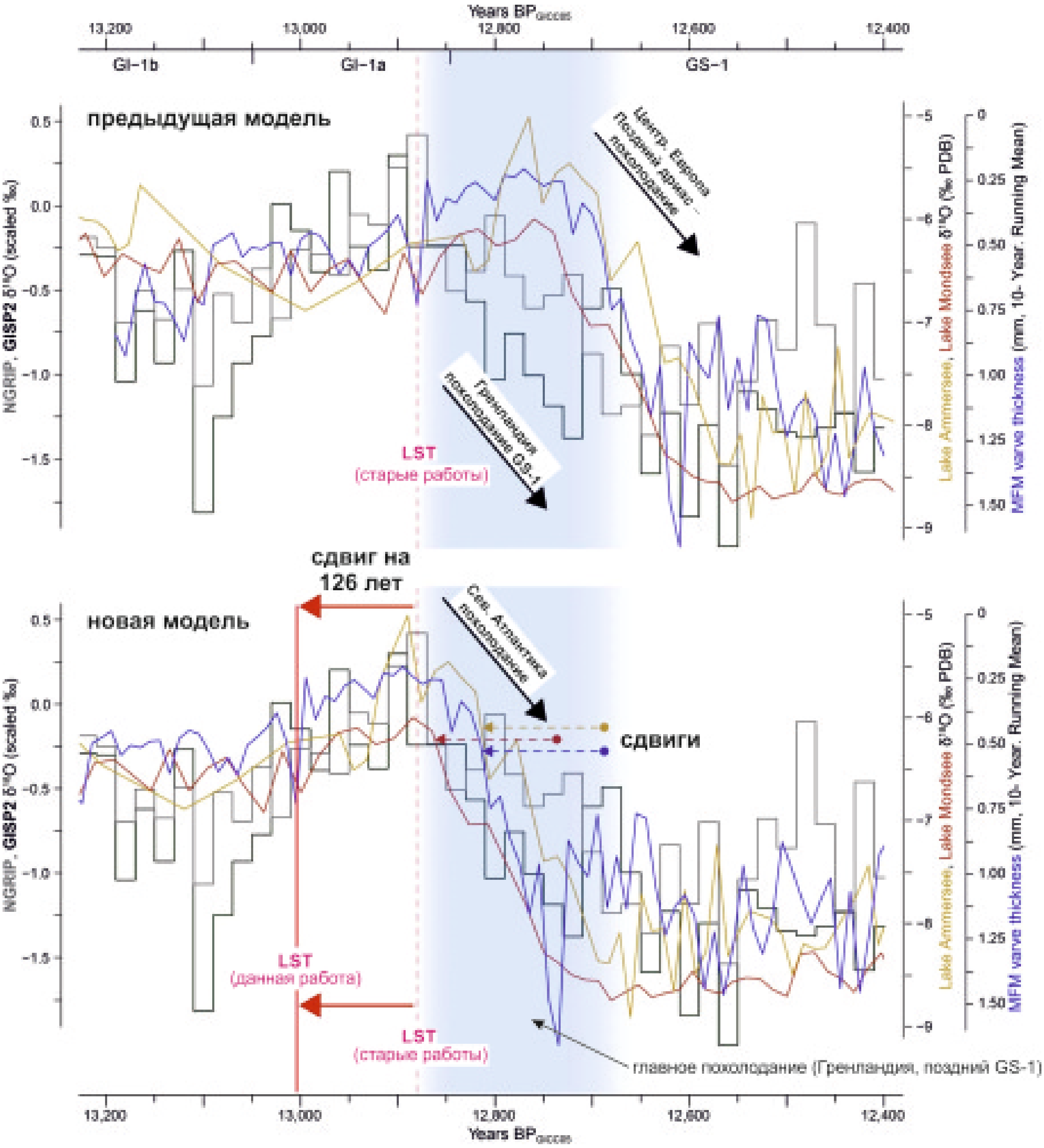

Рис. 5. Связь палеоклиматических событий по данным из северной Атлантики и Европы; верхний график – модель до настоящего исследований, нижний график – новые данные (Reining et al., 2021).

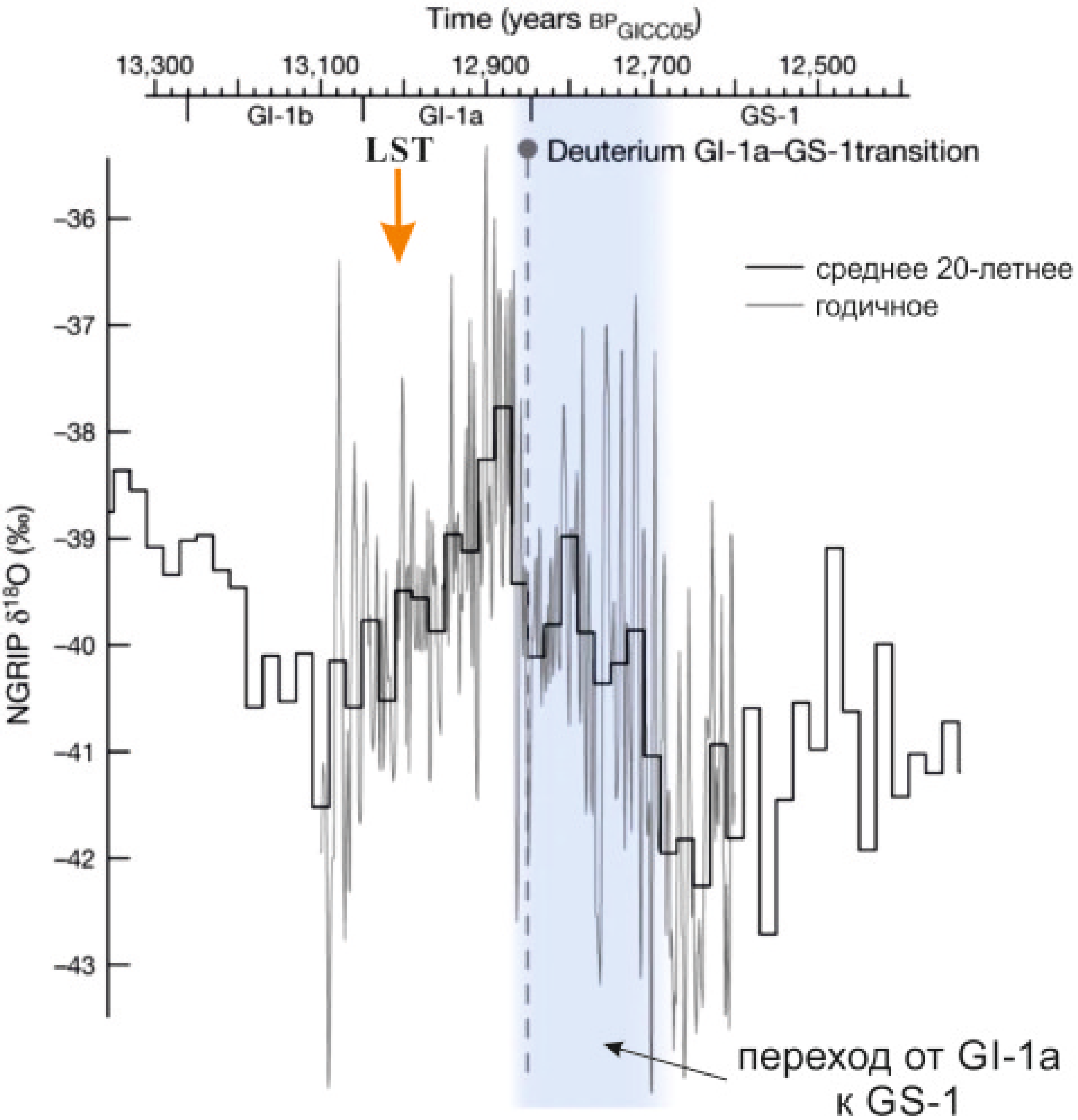

Рис. 6. Сопоставление времени извержения LST с изотопно-кислородных данными ледникового керна NGRIP: GS-1 – гренландский стадиал 1; GI-1a, 1b – гренландские интерстадиалы 1a, 1б (Reining et al., 2021).

Почему сегодня важно знать точное время извержения вулкана Лаахерхее? Дело в том, что начало позднего дриаса (возраст которого можно оценить, зная хронологию события Лаахерзее) принимается как аналог уменьшения Атлантической меридиональной опрокидывающейся циркуляции (АМОЦ), которая переносит до 25% тепла между атмосферой и океаном в Северном полушарии и является важным компонентом климатической системы Земли. Установлено, что АМОЦ претерпела исключительное ослабление за последние 150 лет по сравнению с предыдущим периодом длиной 1500 лет, а с середины XX в. она ослабла на 15% (см. Caesar et al., 2018). Поскольку АМОЦ является важнейшим компонентом климатической машины Северного полушария, моделирование его ослабления имеет важное прикладное значение. Новые данные (Reining et al., 2021) вносят существенный вклад в решение вопроса о климате позднего дриаса как аналога АМОЦ.

От себя добавлю, что наш неформальный коллектив несколько лет назад провел датирование костей лося, погребенного непосредственно под тефрой Лаахерзее в местонахождении Мизенхайм IV (см. рис. 3, а, Miesenheim). ^{14}C даты, полученные в пяти лабораториях, группируются около 13 000 (12 930–13 070) календарных лет назад (Kuzmin et al., 2018). Таким образом, хотя точность наших измерений явно меньше, чем в работе Reining et al. (2021), данные в целом совпадают. Вот так работает наука!

Литература

Кузьмин Я.В. *Геоархеология: естественнонаучные методы в археологических исследованиях*. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2017. – 395 с.

Caesar L., Rahmstorf S., Robinson A., Feulner G., Saba V. Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation // *Nature*. – 2018. – Vol. 556. – № 7700. – P. 191–196.

Kuzmin Y.V., Fiedel S.J., Street M., Reimer P.J., Boudin M., van der Plicht J., Panov V.S., Hodgins G.W.L. A laboratory inter-comparison of AMS ^{14}C dating of bones of the Miesenheim IV elk (Rhineland, Germany) and its implications for the date of the Laacher See eruption // *Quaternary Geochronology*. – 2018. – Vol. 48. – P. 7–16.

Reinig F., Wacker L., Jöris O., Oppenheimer C., Guidobaldi G., Nievergelt D., Adolphi F., Cherubini P., Engels S., Esper J., Land A., Lane C., Pfanz H., Remmele S., Sigl M., Sookdeo A., Büntgen U. Precise date for the Laacher See eruption synchronizes the Younger Dryas // *Nature*. – 2021. – Vol. 595. – № 7865. – P. 66–69.