САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Институт истории материальной культуры РАН
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена
Самарский государственный социально-педагогический университет
Институт археологии РАН
Институт географии РАН

РАДИОУГЛЕРОД В АРХЕОЛОГИИ И ПАЛЕОЭКОЛОГИИ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 80-ЛЕТИЮ СТАРШЕГО НАУЧНОГО СОТРУДНИКА ИИМК РАН,
КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК ГАННЫ ИВАНОВНЫ ЗАЙЦЕВОЙ

Санкт-Петербург
2020

Утверждено к печати Ученым советом СГСПУ

Программный комитет конференции:

д.и.н. В.А. Лапшин (ИИМК РАН)
д.г.н. Д.А. Субетто (РГПУ им. А.И.Герцена)
д.и.н. О.Д. Мочалов (СГСПУ)
д.и.н. С.А. Васильев (ИИМК РАН)
к.и.н. А.В. Энговатова (ИА РАН)
к.г.н. Э.П. Зазовская (ИГ РАН)
к.г.-м. н. Н.Е. Зарецкая (ИГ РАН)

Организационный комитет конференции:

к.и.н. А.К. Каспаров (ИИМК РАН), н.с. Н. Д. Бурова (ИИМК РАН), к. г.-м.н. М.А. Кулькова (РГПУ им. А.И. Герцена), д.и.н. А.А. Выборнов (СГСПУ), к.и.н. М.Т. Кашуба (ИИМК РАН), к.и.н. Д.В. Герасимов (Кунсткамера МАЭ РАН), к.и.н. М.Н. Желтова (ИИМК РАН), к.и.н. А.А. Бессуднов (ИИМК РАН), н.с. С.А. Ришко (ИИМК РАН), к.и.н. К.Н. Степанова (ИИМК РАН)

Ответственные редакторы:

Н.Д. Бурова (ИИМК РАН), А.А. Выборнов (СГСПУ), М.А. Кулькова (РГПУ)

Рецензенты:

д.и.н. В.В. Ставицкий (Пензенский государственный университет),
д.и.н. В.С. Мосин (Южно-Уральский филиал УрО РАН)

*Организация конференции осуществлена в рамках выполнения грантов РФ
№ 19-18-00375, РФФИ № 18-09-40063*

Радиоуглерод в археологии и палеоэкологии: прошлое, настоящее, будущее. Материалы международной конференции, посвященной 80-летию старшего научного сотрудника ИИМК РАН, кандидата химических наук Ганны Ивановны Зайцевой. Под редакцией Н.Д. Буровой, А.А. Выборнова, М.А. Кульковой – СПб.: ИИМК РАН, РГПУ, Самара: СГСПУ/ООО «Порто-принт», 2020 – 123 с.

ISBN 978-5-91867-213-6

DOI:10.31600/978-5-91867-213-6

Сборник содержит материалы конференции, связанные с радиоуглеродным методом датирования и включающие рассмотрение вопросов археологической хронологии, реконструкции палеогеографических условий антропогенеза Евразии, новые методы и подходы в радиоуглеродном датировании. Приводятся серии новых радиоуглеродных дат по отдельным памятникам от палеолита до средневековья. Корректируются хронологические рамки ряда культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев К.М., Выборнов А.А., Кулькова М.А. Новые радиоуглеродные даты комплексов неолитической керамики поселения Лебяжинка IV // Известия Самарского научного центра РАН. Самара, 2018. Т. 20. № 3. С. 203–207.
- Выборнов А.А., Андреев К.М., Кулькова М.А., Нестеров Е.М. Радиоуглеродные данные к хронологии неолита лесостепного Поволжья // Радиоуглеродная хронология эпохи неолита Восточной Европы VII–III тысячелетия до н. э. Смоленск: Свиток, 2016. С. 74–96.
- Ставицкий В.В. К вопросу о взаимодействии неолитического населения степной и лесостепной зоны в Поволжье // Самарский научный вестник. 2014. № 4(9). С. 117–121.
- Сомов А.В., Шалапинин А.А. Соотношение неолитических и энеолитических комплексов лесостепного Поволжья по данным радиоуглеродного датирования // Самарский Научный Вестник. 2019. № 2 (27). С. 229–239.

THE CHRONOLOGY OF THE SREDNEVOLZHSKAYA CULTURE

K. Andreev, A. Somov

On the basis of a series of dates, the time of existence of ceramics with tattoos, nail-shaped notches and impressions of a comb stamp is specified. The developed and late Neolithic of the forest-steppe Volga region begins in the middle of the VI Millennium and lasts until the end of the V Millennium BC. at the end of the VI Millennium and the first half of the V Millennium BC, all typological groups of ceramics coexist.

Keywords: forest-steppe Volga region, middle Volga culture, chronology.

DOI:10.31600/978-5-91867-213-6-11-12

КОРОТКОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 2300 ЛЕТ И ИХ КОРРЕЛЯЦИЯ С ИЗМЕНЕНИЯМИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

© 2020 г. Х.А. Арсланов^{1,*}, Е.Ю. Новенко², Т.В. Сапелко^{3,**}, В.А. Дергачев⁴, Е.С. Носевич⁵, Ф.Е. Максимов¹, А.Ю. Петров¹, В.А. Григорьев¹, В.П. Денисенков¹, С.Б. Левченко¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Санкт-Петербург, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ Институт озераедения РАН, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия

⁵ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: arslanovkh@mail.ru

**E-mail: tsapelko@mail.ru

Высокоточному датированию радиоуглеродным методом препятствует наличие короткопериодных вариаций концентрации ^{14}C в атмосфере, которые приводят к ошибке датирования, сравнимой с продолжительностью вековых вариаций климата.

Для более точного датирования климатических событий авторы изучили отложения верхового болота Ширинское, расположенного в Киришском районе Ленинградской области. Для учета ошибки датирования, обусловленной изменением концентрации ^{14}C в атмосфере, была использована модель P_Sequence, разработанная Бронком Рамсеем, которая позволила установить возраст образцов с ошибкой всего в несколько десятков лет. Для реконструкции среднегодовой температуры по данным палинологического анализа образцов был применен метод «лучших аналогов». На построенной палеотемпературной кривой отчетливо выделяются этапы потеплений и похолоданий.

Выявленные этапы похолодания синхронны с минимумами солнечной активности, определенными путем инструментальных измерений чисел солнечных пятен (начиная с 1600 года) и путем определения концентрации ^{14}C в годовичных кольцах деревьев и ^{10}Be в кернах полярных ледников. Также установлена пропорциональная зависимость концентрации ^{14}C и ^{10}Be в данных природных архивах с числами солнечных пятен.

Синхронность этапов похолоданий с минимальными значениями солнечной активности и этапов потеплений с ее максимальными значениями позволяет заключить, что вариации солнечной активности являются важным форсирующим фактором вековых изменений климата.

Ключевые слова: болотные отложения, радиоуглеродное датирование, реконструкция палеоклиматов, космические изотопы, вариации климата и солнечной активности.

Для реконструкции вековых изменений климата и более точного датирования климатических событий авторы изучили отложения верхового болота Ширинское, расположенного в Киришском районе Ленинградской области. Из верхней толщи торфа мощностью 250 см был произведен непрерывный отбор проб с частотой

2–4 см. Высокоточному датированию радиоуглеродным методом препятствует наличие короткопериодных вариаций концентрации ^{14}C в атмосфере, которые на калибровочной кривой создают изгибы и плато, приводящие к ошибке датирования вплоть до 300 лет, сравнимой с продолжительностью вековых вариаций климата (Stuiver et al., 1998). На таких участках калиброванный возраст по компьютерным программам определяется со значительной ошибкой. В настоящее время разработаны методологии, позволяющие свести к минимуму этот вид погрешности датирования. Они основаны на сопоставлении ^{14}C -хронологии изучаемого разреза с хронологией калибровочной кривой. Мы использовали модель P_Sequence, разработанную Бронком Рамсеем, которая включена в калибровочную программу OxCal v4.3.2 (Bronk Ramsey, 2008).

Для успешного применения этой модели отбор проб на датирование необходимо осуществлять с высокой частотой. Из данного разреза были отобраны 40 образцов на датирование и 87 образцов для палинологического анализа. На основе полученных радиоуглеродных датировок, используя модель Бронка Рамсея, был определен моделированный возраст образцов, который наиболее близко соответствует календарному возрасту. На основе данных палинологического анализа и моделированного возраста образцов, была осуществлена реконструкция среднегодовой температуры и осадков, используя метод «лучших аналогов» (Новенко, 2016). За нулевой возраст датируемых образцов принят

1950 год, который в изучаемом разрезе болотных отложений соответствует глубине 42–44 см. Результаты определения среднегодовой температуры и осадков за последние 2300 лет приведен на рис. 1.

На палеотемпературной кривой отчетливо выделяется Римское потепление в интервале 1584 ± 25 – 2126 ± 22 календарных лет назад (кал. л.н.), которое сопровождалось распространением хвойных и широколиственных лесов с включением липы, дуба и вяза. Последующее похолодание в интервале 1505 ± 20 – 1242 ± 22 кал. л.н. связано с исчезновением широколиственных лесов и увеличением открытых пространств, покрытых травянистыми растениями. В течение средневекового климатического оптимума 1269 ± 46 – 676 ± 66 кал. л.н. распространялись хвойно-широколиственные леса с липой, вязом и буком, хвойные породы были представлены сосной и елью.

В период похолодания 1200–1600 кал. л.н. среднегодовая температура понизилась на 1°C . В течение малого ледникового периода (МЛП) 675 ± 16 – 120 ± 20 кал. л.н. (от 1950-го года) выделяется 4 экстремума похолодания: 675 ± 16 – 624 ± 15 кал. л.н.; 530 ± 14 – 408 ± 14 кал. л.н.; 344 ± 12 – 264 ± 15 кал. л.н.; 165 ± 12 – 120 ± 20 кал. л.н. В экстремумах похолодания МЛП среднегодовая температура была на $1,0$ – $1,8^\circ\text{C}$ ниже современной температуры.

Перечисленные этапы похолодания оказались синхронными с периодами минимальной солнечной активности Вольфа (1282–1342 гг.), Шперера (1416–

Рис. 1. Изменения среднегодовой температуры и осадков за последние 2300 кал.л. по данным изучения отложений болота Ширинское. Жирными точками отображены образцы, анализированные спорово-пыльцевым методом.

1534 гг.), Маундера (1645–1714 гг.) и Дальтона (1800–1860 гг.) (Stuiver & Quay, 1980). Соответствующие пере- численным этапам похолоданий периоды наступлений горных ледников были синхронны с минимумами сол- нечной активности (Wanner et al., 2008; Holzhauser et al., 2005).

Измерения концентрации ^{14}C в точно датированных го- дичных кольцах деревьев и концентрации ^{10}Be в кер- не Гренландского ледника показали пропорциональную зависимость между концентрацией ^{14}C и ^{10}Be и числом солнечных пятен. Было установлено, что минимальной величине солнечной активности соответствует макси- мальная концентрация ^{14}C и ^{10}Be и наоборот, макси-

мальной величине солнечной активности соответству- ет минимальная концентрация ^{14}C и ^{10}Be (Gray et al., 2010). Учитывая эту закономерность, солнечная актив- ность за весь голоцен была определена на основе изме- рений концентрации ^{14}C и ^{10}Be в древесных кольцах и кернах полярных ледников.

Таким образом, синхронность этапов похолоданий с минимальными значениями солнечной активности, а этапов потеплений с ее максимальными значениями позволяет заключить, что вариации солнечной актив- ности являются важным форсирующим фактором из- менений климата.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18–05–00381 А

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Новенко Е.Ю. Изменения растительности и климата Цен- тральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы клима- тических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 228 с.
- Bronk Ramsey C. Deposition models for chronological records // Quaternary Science Reviews. 2008. 27(1–2). P. 42–60.
- Gray L.J., Beer J., Geller M. et al. Solar influence on climate. Rev. Geophys. 2010. 48, RG4001, doi:10.1029/2009RG000282.
- Holzhauser H., Magny M., Heinz J., Zumbuhl H.J. Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. The Holocene. 2005. 15(6), 789–801.
- Stuiver M., & Quay P. Changes in Atmospheric Carbon-14 At- tributed to a Variable Sun. Science. 1980. 207, P. 11–19.
- Stuiver M., Reimer P.J., Bard E. et al. INTCALIB 98 radiocar- bon age calibration, 24,000 – 0 cal BP. Radiocarbon. 1998. 40(3), P. 1041–1083.
- Wanner H., Beer J., Butikofer J. et al. Mid-to Late Holocene Climate Change: an Overview. Quaternary Science Re- views. 2008. 27(19–20): P. 1791–1828.

SHORT-PERIOD CLIMATE CHANGES IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA OVER THE PAST 2300 YEARS AND THEIR CORRELATION WITH CHANGES IN SOLAR ACTIVITY

Kh. Arslanov, E. Novenko, T. Sapelko, V. Dergachev, E. Nosevich, F. Maksimov, A. Petrov, V. Grigoriev, V. Denisenkov, S. Levchenko

To reconstruct centuries-age climate changes and more accurately date climate events, the authors studied the sed- iments of the raised bog Shirinskoe located in the Kirishsky district of the Leningrad region. Continuous sampling with a frequency of 2–4 cm was performed from the upper layer of peat with a thickness of 250 cm for palynological analysis and radiocarbon dating. To account for the dating error caused by changes in the ^{14}C concentration in the atmosphere, the P_Sequence model developed by Bronk Ramsey was used, which allowed us to determine the age of samples with an error of only a few decades. The «best analogs» method was used to reconstruct the average annual temperature based on palynological analysis of samples. The constructed paleotemperature curve clearly shows the Roman warming about 2100–1600 calendar years ago (cal.y.a.), the cooling stage about 1600–1270 cal. y. a., the me- dieval climate optimum about 1270–680 cal. y. a. and four cooling phases in the Little Ice Age in the range of 680–120 cal.y.a. The revealed stages of cooling were synchronous with the solar activity minima determined by instrumental measurements of sunspot numbers (starting from 1600) and by determining the concentration of ^{14}C in annual tree rings and ^{10}Be in the cores of polar glaciers. Proportional relationship was established a between the concentration of ^{14}C and ^{10}Be in tree rings and cores of glaciers and the number of sunspots.

The synchronicity of the stages of cooling with the minimum values of solar activity and the stages of warming with its maximum values allows us to conclude that variations in solar activity are an important forcing factor of age-old climate changes.

Keywords: bog sediments, radiocarbon dating, reconstruction of paleoclimate, cosmogenic isotopes, climate and solar activity changes.

DOI:10.31600/978-5-91867-213-6-12-14