

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РУССКОЙ РАВНИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ $^{230}\text{Th}/\text{U}$ ДАТИРОВАНИЯ И ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Т.А. Королева¹, Ф.Е. Максимов¹, В.Ю. Кузнецов^{1,2}, А.Ю. Петров¹,
В.А. Григорьев¹, Л.А. Савельева¹, А.П. Фоменко¹

¹СПбГУ, г. Санкт-Петербург

²РГПУ имени А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

GEOCHRONOLOGICAL STUDY OF LATE PLEISTOCENE LAKE-MARSH DEPOSITS OF THE RUSSIAN PLAIN USING $^{230}\text{Th}/\text{U}$ DATING AND PALEOBOTANICAL METHODS

T.A. Koroleva¹, F.E. Maksimov¹, V.Yu. Kuznetsov^{1,2}, A.Yu. Petrov¹,
V.A. Grigoriev¹, L.A. Savelieva¹, A.P. Fomenko¹

¹Saint Petersburg State University, St. Petersburg

²Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

Аннотация. Оценка продолжительности и установление временных границ микулинского межледниковья на Русской равнине как правило базируется на косвенных данных и до сих пор является предметом дискуссий. В последние годы эти возрастные характеристики уточняются путем комплексного изучения континентальных микулинских органогенных отложений с применением методов биостратиграфии и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования. В сентябре 2022 г. проведены полевые работы на разрезе Верхние Немыкари в Смоленской области с целью получения новых данных о хронологии последнего межледниковья с применением этого подхода.

Ключевые слова: Северо-Запад Русской равнины, микулинское межледниковье, геохронология, уран-ториевое датирование, спорово-пыльцевой анализ.

Введение

Изучение климата последнего межледниковья, известного как микулинское в Восточной Европе и являющегося в определенной степени аналогом современного межледникового времени, вызывает в настоящее время большой интерес. Однако, представления о его хронологических границах и продолжительности зачастую значительно расходятся. Большинство специалистов связывают его с подстадией МИС 5e [12, 15], основываясь на данных изотопно-кислородного анализа глубоководных океанических колонок и ледовых кернов [11]. Таким образом, длительность межледниковья составляет 15 тыс. лет (130-115 тыс. л.н.).

По данным других ученых, межледниковье могло продолжаться гораздо больший промежуток времени и охватывать всю МИС 5 и завершающую фазу стадии МИС 6. Соответственно, оно продолжалось около 70-75 тыс. лет в интервале от 145-140 до 70 тыс. л.н. [6, 11].

Для идентификации микулинских слоев в осадочных разрезах используются палинологический, палеокарпологический и другие виды анализа погребенных органогенных отложений. На основе изменения состава спорово-пыльцевых спектров для Русской равнины были выделены палинозоны М1-М8, являющиеся критериями для установления межледниковых условий [1]. $^{230}\text{Th}/\text{U}$ метод датирования может быть использован для изучения хронологии формирования этих отложений. Сопоставив данные этих анализов, можно

оценить хронологические границы и продолжительность микулинского межледниковья.

Исследование микулинских отложений на Русской равнине методом изохронного $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования впервые было проведено для торфяников из разрезов «Микулино» (Смоленская область), «Мурава» (республика Беларусь) и «Фили» в г. Москве [3, 4]. Общий $^{230}\text{Th}/\text{U}$ возрастной интервал для них с учетом погрешностей составлял от 117 до 96 тыс. лет назад, что соответствовало зонам микулинского межледниковья М7-М2.

Затем были изучены отложения из разреза «Черемошник» в Ярославской области [13, 14]. Полученные датировки связывают первую половину микулинского межледниковья (зоны М1-М4) с интервалом от 126 до 105 тыс. лет назад.

В 2020 г. коллективом лаборатории «Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кеппена» Института наук о Земле СПбГУ были изучены разрезы «Нижняя Боярщина» (Смоленская обл.) и разрез на р. Большая Дубенка (Тверская обл.). Органогенная толща разреза «Нижняя Боярщина» датируется промежутком от 130 до 97 тыс. лет назад и соответствует палинозонам от конца зоны М1 до конца зоны М6.

Таким образом, результаты последних исследований, показывают, что микулинское межледниковье длилось от 125 до 96 тыс. лет назад. Однако, для уточнения его хронологических границ и продолжительности необходимо дальнейшее наращивание геохронологических данных по разрезам, включающим микулинские отложения.

Регион исследований, объект и методы

Для более подробного изучения микулинских отложений на Русской равнине в сентябре 2022 г. был изучен разрез «Верхние Немькари», находящийся в обнажении в вершине излучины левого берега р. Днепр в Смоленской области (координаты 54.67049° с.ш., 32.40617° в.д.). Были расчищены разрезы, описаны и отобраны образцы с разрешением 2-4 см для палеоботанических анализов и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования (рис. 1).

Левый борт долины р. Днепр имеет высоту 5-6 м. Во время половодий вода поднимается до бровки уступа. Крутизна склона над уступом $\sim 10-15^\circ$, иногда достигает 30° .

В разрезе представлены два слоя торфа, разделенных суглинками.

1. 3,60-3,00 м – торф бурый, серо-бурый, листоватый, с фрагментами листочков, стеблей и, по нижней границе, фрагментов древесины. В верхних 10-20 см захваты суглинка из вышележащего слоя. Слой является локальным водоупором. В верхней части – «слоистость» по цвету;
2. 2,10-1,30 м – торф буро-чёрный и чёрный хорошей степени разложения. «Слоистый» листами по 2-3 см, цвет от чёрного до бурого, листоватый.

Согласно предыдущим палеоботаническим исследованиям, нижний слой торфа имеет микулинский возраст. Палинологические данные показывают

полную смену пыльцевых спектров и указывают на закончившееся развитие межледникового озера [9].

Верхний слой торфа относится некоторыми учеными к валдайскому оледенению [1, 7], другие считают, что оба слоя торфа в этом разрезе имеют микулинский возраст [2, 8]. Поэтому было важно изучить оба слоя, чтобы определить их возможную принадлежность к микулинскому межледниковью и оценить хронологические границы.

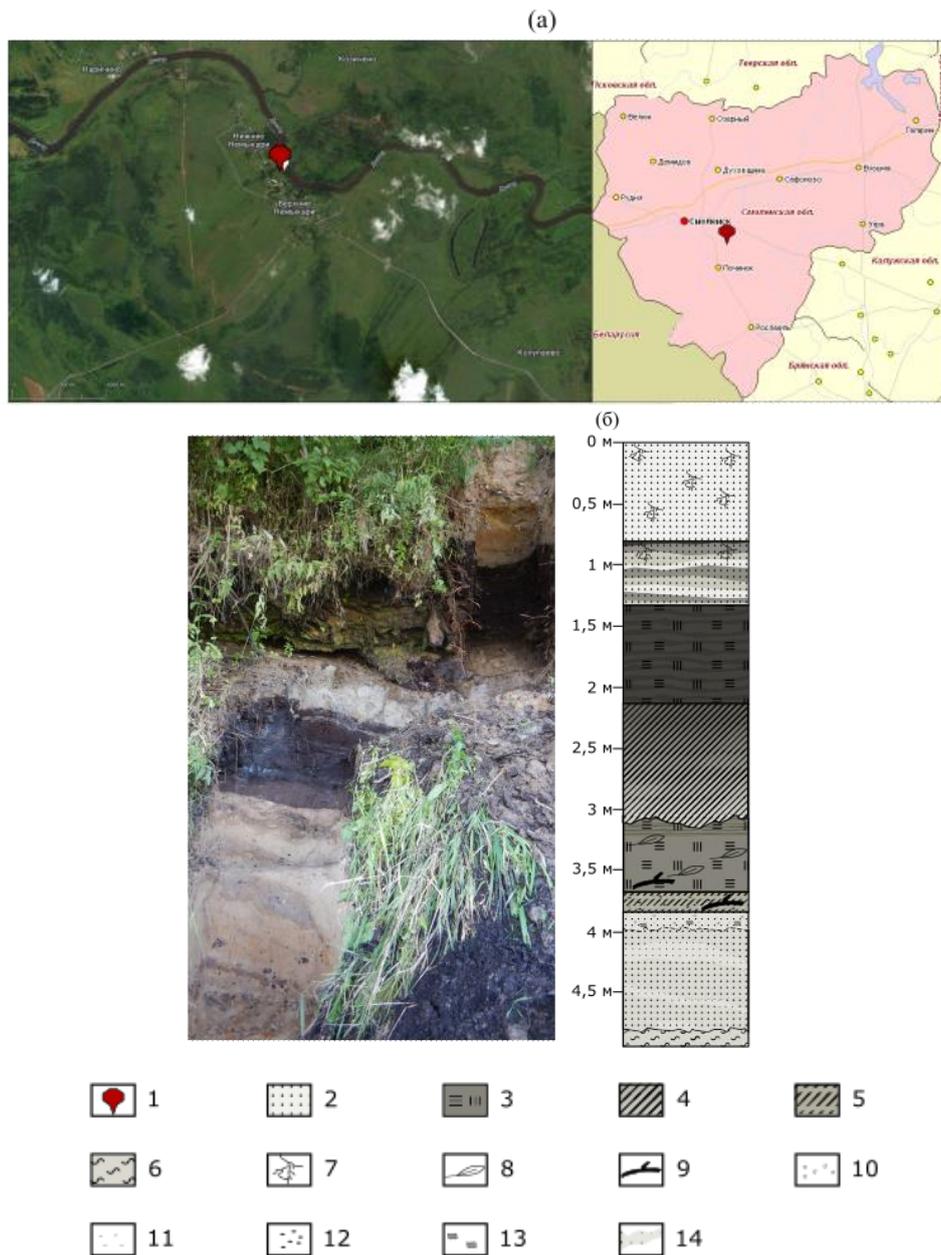


Рис. 1. Расположение разреза Верхние Немыкари (а) и строение вмещающих его отложений (б). 1 – положение разреза; 2 – песок мелкозернистый; 3 – торф; 4 – суглинок; 5 – супесь; 6 – алеврит; 7 – современные корни; 8 – фрагменты листочков и стеблей; 9 – фрагменты древесины; 10 – гравий; 11 – зерна песка крупнозернистого; 12 – щебень; 13 – обломки кристаллических пород; 14 – прослойки песка тонкозернистого.

Для геохронометрического изучения отложений торфа был использован изохронный $^{230}\text{Th}/\text{U}$ метод датирования. Изохронное датирование представляет

собой исследование ряда одновозрастных образцов из одного слоя. Для использования метода необходимо выполнение следующих условий [4]:

1. В момент формирования отложения включают только U, из которого в результате радиоактивного распада накапливается изотоп ^{230}Th .
2. После формирования датируемые отложения должны представлять собой закрытую радиометрическую систему.

Органогенные отложения включают в себя минеральную и органическую составляющие. Именно органическая часть содержит водородный U, из которого со временем накапливается дочерний изотоп ^{230}Th , а значение отношения активностей $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ является мерой возраста анализируемого слоя. Минеральное (детритное) загрязнение органической составляющей образцов идентифицируется по наличию другого изотопа тория - ^{232}Th - в изучаемых образцах. При этом, минеральная фракция также содержит так называемый первичный (нерадиогенный) ^{230}Th , который и нужно исключить из расчета возраста. Для этого используется так называемое изохронное приближение, суть которого состоит в определении количества изотопов U и Th в серии одновозрастных образцов из органогенной толщи. Его применение возможно при выполнении нескольких предпосылок [5]:

1. Наличие одного и того же источника детритного изотопного загрязнения для набора образцов.
2. Сохранность закрытой системы относительно изотопов U и Th в образцах на протяжении всего постседиментационного времени.

Если данные условия выполняются для исследуемых отложений, можно рассчитать их возраст из отношений $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ и $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ по уравнению Кауфмана и Брокера [10].

Заключение

На данный момент проводятся лабораторные исследования двух слоев торфа из разреза Верхние Немыкари. Первые результаты палинологического анализа нижнего слоя торфа показали наличие в нем микулинской флоры. На основе полученных данных изучения обоих слоев будут выделены и сопоставлены с данными палеокарпологического анализа палинозоны, а изохронные $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датировки позволят оценить хронологические границы и продолжительность формирования микулинских отложений в разрезе Верхние Немыкари.

Литература

- [1] Гричук В.П. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений Северо-Запада Русской равнины / отв. ред. К.К. Марков. М.: Изд. АН СССР, 1961. С. 25-71.
- [2] Исаченков В.А. Новые данные по палеогеографии и неотектонике бассейна Верхнего Днепра // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1963. №3. С. 76-79.

- [3] Кузнецов В.Ю., Максимов Ф.Е. Методы четвертичной геохронометрии в палеогеографии и морской геологии. СПб.: Наука, 2012. 191 с.
- [4] Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю. Новая версия $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования верхне- и среднелепистоценовых отложений // Вестник СПбГУ. Сер.7. 2010. Вып. 4. С. 94-107.
- [5] Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Попова С.С. и др. Хроностратиграфическое положение микулинских отложений (на примере опорного разреза у д. Нижняя Боярщина, Смоленская область). Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. (3). 447-469.
- [6] Молодьков А.Н., Болиховская Н.С. Климато-хроностратиграфическая схема неоплейстоцена Северной Евразии // Материалы Всерос. науч. конф. «Марковские чтения 2010 года». М.: Географ. Фак-т МГУ, 2011. В. 3. С. 44-76.
- [7] Москвитин А.И. Вюрмская эпоха (неоплейстоцен) в европейской части СССР. М., 1950. 239 с.
- [8] Назаров В.И. Реконструкция ландшафтов Белоруссии по палеознтомологическим данным. М., 1984. 95 с.
- [9] Санько А.Ф. Неоплейстоцен северо-восточной Белоруссии и смежных районов РСФСР. Минск, 1987. 177 с.
- [10] Kaufman A., Broecker W.S. Comparison of ^{230}Th and ^{14}C ages for carbonate materials from Lakes Lahontan and Bonneville. J. Geophys. Res., 1965, vol. 70, no. 16, pp. 4039-4054.
- [11] Kukla G.J., Bond G., Broecker W.S., Gavin J.E., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., et al. Last Interglacial Climates // Quat. Res. 2002. V. 58. № 1. P. 2-13.
- [12] Litt T., Gibbard P. Definition of a Global Stratotype Section and Point (GSSR) for the base of the Upper (Late) Pleistocene Subseries (Quaternary System/Period) // Episodes. 2008. V. 31. № 2. P. 260-263.
- [13] Rusakov A., Nikonov A., Savelieva L., Simakova A., Sedov S., Maksimov F., Kuznetsov V., et al. Landscape evolution in the periglacial zone of Eastern Europe since MIS5: Proxies from paleosols and sediments of the Cheremoshnik key site (Upper Volga, Russia) // Quaternary International. 2015. Vol. 365. P. 26-41.
- [14] Rusakov A., Sedov S., Sheinkman V., Dobrynin D., Zinovyev E., Trofimova S., Maksimov F., Kuznetsov V., Korkka M., Levchenko S. Late Pleistocene paleosols in the extra-glacial regions of Northwestern Eurasia: Pedogenesis, post-pedogenic transformation, paleoenvironmental inferences // Quaternary International, 2019. Vol. 501. P. 174-192.
- [15] Shackleton N.J. The last interglacial in the marine and terrestrial records // Proceedings of the Royal Society. London, 1969. Series B. Vol. 174. P. 135-154.

S u m m a r y. The estimation of the duration and the time limits of the Mikulino interglacial on the Russian Plain is usually based on indirect data of its age and is still the subject of discussion. In recent years, these age characteristics have been clarified by a comprehensive study of the continental Mikulino organic-rich deposits using biostratigraphy and $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating methods. In September 2022, field work was carried out on the Verkhniye Nemykari section in the Smolensk region in order to obtain new data on the chronology of the last interglacial using this approach.