

## К ВОПРОСУ О ХРОНОЛОГИИ МИКУЛИНСКОГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Левченко С.Б., Григорьев В.А., Петров А.Ю., Фоменко А.П., Хребтиевский В.В., Кузнецов В.Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Несмотря на большой объем информации, проблема хронологии микулинского межледниковья не решена. Предлагается детальное геохронологическое изучение известных разрезов с микулинскими отложениями на Северо-Западе Русской равнины. На основе  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирования и палеоботанического изучения органогенных толщ предпринята попытка решить вопросы о временных границах, хроностратиграфической позиции отдельных фаз и продолжительности последнего межледникового периода. Проведен первый этап полевых работ, получены предварительные данные о продолжительности и палеоботанической характеристике первой половины микулинского межледниковья. Показано, что период времени, охватывающий фазы растительности М1–М4, коррелирует со всей подстадией МИС-5е.

Ключевые слова: *геохронология, хроностратиграфия, микулинское межледниковье, уран-ториевое датирование, палеоботанические методы, погребенные континентальные органогенные отложения, Северо-Запад Русской равнины*

В свете происходящих на наших глазах климатических изменений актуальными становятся детали реконструкции природной среды не только в голоцене, но и во время прошлых межледниковых периодов и особенно последнего – микулинского и его аналогов. Сопоставление изменений природной среды во время последнего и современного (с начала голоцена) межледниковий может быть осуществлено при наличии достоверной хронологии реконструированных палеообстановок. В данном контексте решение вопросов, связанных с хронологией микулинского межледниковья, приобретают большое значение.

По микулинским отложениям Русской равнины накоплен большой массив разнообразной информации, но, при этом, непосредственное количественное датирование этих формаций до сих пор носит единичный характер. Поэтому хронология микулинского межледниковья, а именно возраст его начала и завершения, продолжительность всего интервала и его отдельных этапов остаются фактически неустановленными. Эти временные характеристики, как правило, определяются из косвенных данных – корреляции с изотопно-кислородными кривыми по глубоководным океаническим колонкам и ледовым кернам. Преобладают представления о соответствии микулинского (эемского) межледниковья морской изотопно-кислородной подстадии МИС-5е [Палеоклиматы..., 2009 и др.]. Привязка геохронологической позиции эемского межледниковья к подстадии МИС-5е принята Международной стратиграфической комиссией [Litt, Gibbard, 2008]. Поэтому даже единичные прямые количественные данные по микулинским отложениям трактуются с этих позиций. Например, на основании ОСЛ датировок отложений, подстилающих и перекрывающих рышковскую (микулинскую) палеопочву в Александровском карьере (около г. Курска), равных соответственно  $127 \pm 8$  и  $115 \pm 7$  тысяч лет (т.л.), делается вывод о корреляции межледниковья с МИС-5е [Сычева, 2018].

Есть представления и о большей продолжительности последнего межледниковья. На основании результатов ЭПР-датирования раковин морских моллюсков Северной Евразии, озерных отложений Литвы и скоррелированных с ними данных палинологического изучения лессово-почвенных формаций Восточно-Европейской равнины сделан вывод о том, что микулинское межледниковье продолжалось от 145–140 до 70 т.л. назад, т.е. захватывая часть МИС-6 и всю МИС-5 [Молодьков, Болиховская, 2011].

В континентальных отложениях Русской равнины микулинское межледниковье хорошо идентифицируется на основании палеоботанических данных. Последовательные изменения состава спорово-пыльцевых спектров в соответствии со стратиграфией отложений позволили выделить специфические пыльцевые зоны микулинского межледниковья М1–М8 [Гричук, 1961]. К наиболее ценным источникам палеоботанической информации относятся погребенные континентальные органогенные отложения, по результатам изучения которых получена достаточно детальная картина развития растительности в течение последнего межледникового периода. Кроме того, эти же отложения могут быть датированы  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  методом. Таким образом, комплексные исследования на основе палеоботанического изучения и  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирования этих формаций являются перспективными для решения вопросов хронологии микулинского межледниковья.

Первые данные  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  возраста для микулинских отложений на Русской равнине (Рис. 1) были получены нами для торфяников из разрезов «Микулино» (Смоленская область), «Мурава» (республика Беларусь) и «Фили» в г. Москве [Максимов, Кузнецов 2010; Кузнецов, Максимов, 2012]. Их датирование осуществлялось на основе новой версии изохронного приближения  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  метода с использованием разных методик химической обработки образцов – L/L и TSD моделей. Общий для трех торфяников интервал  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  возраста с учетом погрешностей охватывал временной диапазон 117–96 т.л. назад и согласно палеоботаническим данным соответствовал пыльцевым зонам микулинского межледниковья М 7–М 2.

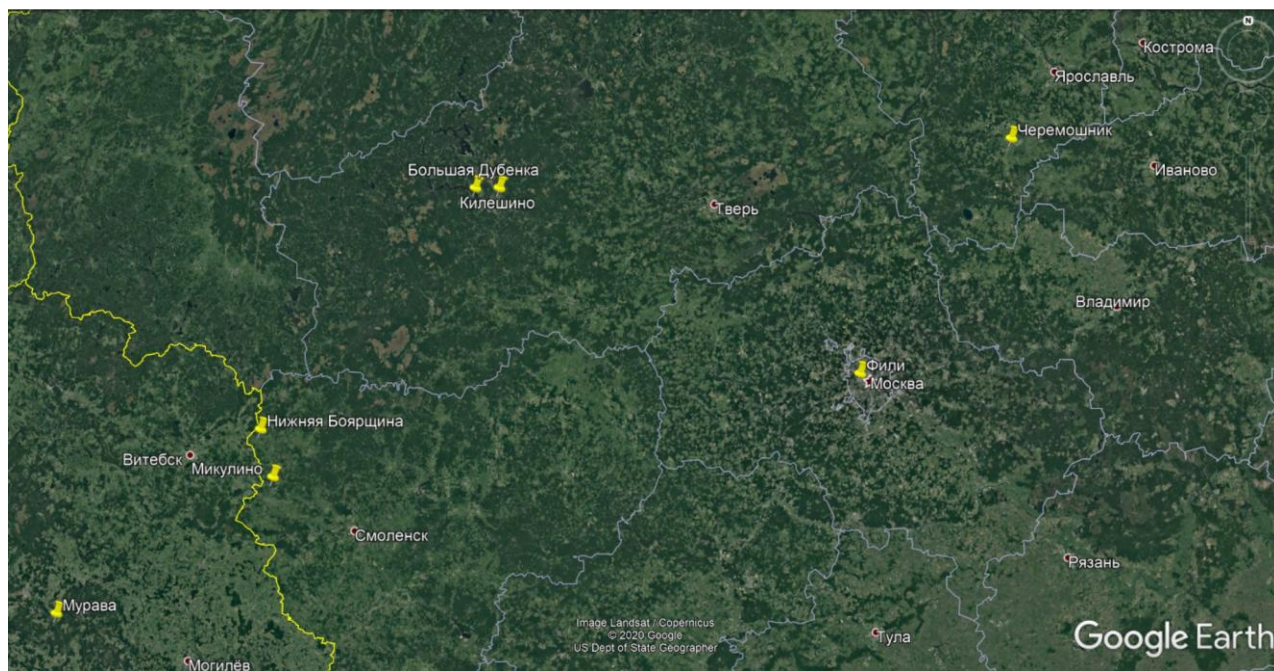


Рис. 1. Местоположение разрезов с микулинскими органогенными отложениями.

Позже нами проводилось  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирование и палеоботаническое изучение погребенного торфяника и почвенного горизонта из известного разреза Черемошник в Ярославской области [Rusakov et al., 2015; Rusakov et al., 2019]. Погребенный почвенный горизонт, отнесенный по палеоботаническим данным к начальной фазе микулинского межледниковья (зона М1), получил  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  возраст  $117\pm 8/7$  т.л. (TSD) и  $130\pm 11/9$  т.л. (L/L). Для вышележащего погребенного торфяника, соответствующего зонам М3–М4  $^{230}\text{Th}/\text{U}$ , возраст оказался равен  $115\pm 16/12$  тыс. лет (TSD) и  $114\pm 12/9$  тыс. лет (L/L). Таким образом, если использовать перекрестную область для доверительных интервалов TSD и



L/L дат каждого из датированных слоев, то первая половина микулинского межледниковья (зоны М1–М4) продолжалась, примерно, от 126 до 105 т.л. назад.

Следует отметить, что в проведенных исследованиях не ставилась задача получения детальной хронологии микулинского межледниковья, поэтому полученные временные интервалы можно рассматривать лишь как приблизительные оценки.

В рамках поддержанного РФФИ проекта № 20-05-00813 предполагается установить временные границы и хроностратиграфические позиции начальной, оптимальной и конечной фаз, а также продолжительности микулинского межледниковья на Северо-Западе Русской равнины. Данное исследование будет осуществляться на основе обобщения  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  возрастных и палеоботанических данных, полученных для разных разрезов этого региона. На основе детального палеоботанического изучения органогенных отложений будут выделены специфические растительные зоны, соответствующие начальной, оптимальной и завершающей фазам межледникового периода. Эти узкие возрастные интервалы планируется установить  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  методом.

Необходимым условием для выполнения поставленных задач является изучение образцов, отобранных с высоким разрешением (2–5 см), а также использование различных методик расчета изохронного возраста.

В сентябре 2020 года нами проведены полевые работы, в ходе которых осуществлялся поиск известных по литературным данным разрезов «Нижняя Боярщина» в обнажении берегового обрыва на р. Каспля в Смоленской области [Чеботарева, 1954] и «Большая Дубенка» в обнажении на правом берегу р. Большая Дубенка в Тверской области [Чеботарева др., 1961]. Соответственно, производилась расчистка разрезов, описание и отбор образцов для палинологического и карпологического анализов и  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирования (рис. 1, 2).



Рис. 2. Разрезы с органогенными отложениями микулинского межледниковья.  
а – «Нижняя Боярщина» в обнажении берегового обрыва на р. Каспля (Смоленская обл.).  
б – «Большая Дубенка» в обнажении на правом берегу р. Большая Дубенка (Тверская обл.)

На разрезе «Нижняя Боярщина» в обнажении берегового обрыва на правом берегу р. Каспля в Смоленской области (координаты 55°19.119' с.ш., 30°56.189' в.д.) была вскрыта органогенная толща мощностью 2,5 м, включающая снизу вверх отложения гиттий, торфа и гумусированные алевриты (?). Озерно-болотная толща перекрыта мелкозернистым светло-желтым песком с включением гравия и подстиляется мелкозернистым светло-серым песком (Рис. 2а). Из органогенной толщи и вмещающих ее отложений были отобраны образцы на разные виды анализов с разрешением 2–5 см.

Разрез «Большая Дубенка» в обнажении на правом берегу р. Большая Дубенка в Тверской области (координаты 56°52.511' с.ш., 33°11.289' в.д.) вскрывает органогенные отложения мощностью 0,72 м, включающие снизу вверх торф, гиттии и гумусированную супесь (Рис. 2б). Они перекрыты серой супесью и подстилаются суглинком с обломочным материалом. Образцы отобраны с разрешением 2–5 см.

Лабораторное изучение начато с образцов из известного разреза Килешино-2 на р. Сижина в Тверской области [Гиттерман и др., 1975], которые были отобраны нами еще в 2018 году. Биостратиграфическая позиция слоистой суглинисто-торфяной (озерно-болотной) толщи, из которой отобраны образцы на  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирование, установлена по результатам их палеоботанического изучения [Карпущина и др., 2020]. Был сделан вывод, что толща соответствует пыльцевой зоне микулинского межледниковья М4. Ранее согласно опубликованным данным количественный (ОСЛ и  $^{14}\text{C}$ ) возраст отложений разреза Килешино-2 не превышал 72 тыс. лет [Lasberg et al., 2014]. Наши предварительные данные  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирования показали, что озерно-болотная толща могла быть отложена в интервале 118–113 тыс. лет.

Получены первые результаты по разрезу «Нижняя Боярщина». Предварительный  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  возраст образцов гиттии из низа органогенной толщи около 130 тыс. лет соответствует второй половине палинозоны М1 микулинского межледниковья.

Таким образом, можно сделать предположение о том, что период времени, охватывающий фазы растительности М1–М4, коррелирует со всей подстадией МИС-5е. Следует отметить, что для  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирования использовались образцы из достаточно узких по мощности интервалов отложений – 25 см для разреза «Килешино» и 14 см для разреза «Нижняя Боярщина», что позволяет детализировать представления о хронологии микулинского времени.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00813.*

## ЛИТЕРАТУРА

Гиттерман Р.Е., Куприна Н.П., Шанцер Е.В. О микулинском возрасте межледниковых слоев у д. Килешино (Верхняя Волга) // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 1975. № 44. С. 84–88.

Гричук В.П. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений Северо-Запада Русской равнины. Под ред. К.К. Маркова, М., 1961. С. 25–71.

Карпущина Н.В., Писарева В.В., Зюганова И.С., Константинов Е.А., Захаров А.Л., Баранов Д.В., Уткина А.О., Панин А.В. Новые данные по стратиграфии разреза у д. Килешино (Тверская область) – ключ к пониманию границ оледенений на Валдайской возвышенности в верхнем неоплейстоцене // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 6. С. 874–887. DOI: 10.31857/S2587556620060060

Кузнецов В.Ю., Максимов Ф.Е. Методы четвертичной геохронометрии в палеогеографии и морской геологии. СПб.: Наука, 2012. 191 с.

Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю. Новая версия  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  датирования верхне- и среднеплейстоценовых отложений // Вестник СПбГУ. Сер.7. 2010. Вып. 4. С. 94–107.

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.

Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен: Атлас-монография / Отв. ред. А.А. Величко. М.: ГЕОС, 2009. 120 с.

Сычева С.А. Эволюция представлений о возрасте, продолжительности и стадийности развития почвы микулинского межледниковья // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 2018. № 76. С. 99–109.

Чеботарева Н.С. Новый разрез с днепровско-валдайскими межледниковыми отложениями на р. Каспля у с. Верхняя Боярщина // Материалы по палеогеографии. М.: Изд-во МГУ, 1954. Вып. 1. С. 69-81.

Чеботарева Н.С., Недошивина М.А., Столярова Т.И. Московско-валдайские (микулинские) межледниковые отложения в бассейне Верхней Волги и их значение для палеогеографии // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 1961. № 26. С. 35-49.

Lasberg K., Kalm V., Kihno K. Ice-free interval corresponding to Marine Isotope Stages 4 and 3 at the Last Glacial Maximum position at Kileshino, Valdaj Upland, Russia // Estonian Journal of Earth Sciences. 2014. 63 (2). P. 88-96. doi: 10.3176/earth.2014.08

Litt T., Gibbard P. Definition of a Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Upper (Late) Pleistocene Subseries (Quaternary System/Period) // Episodes. 2008. V. 31. № 2. P. 260–263.

Rusakov A., Nikonov A., Savelieva L., Simakova A., Sedov S., Maksimov F., Kuznetsov V., Savenko V., Starikova A., Korkka M., Titova D. 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. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.029>

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. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.03.020>

## ON THE CHRONOLOGY OF MIKULINO INTERGLACIAL IN THE NORTH-WEST RUSSIAN PLAIN

Maksimov F.E., Savelieva L.A., Levchenko S.B., Grigoriev V.A., Petrov A.Yu., Fomenko A.P., Khrebtievsky V.V., Kuznetsov V.Yu

Saint-Petersburg State University, St. Peterburg, Russia

Despite the large amount of information, the problem of the Mikulino Interglacial chronology has not yet completely resolved. The detailed geochronological studies of well known key sections of Mikulino sediments in the North-West Russian Plain are proposed. On the basis of  $^{230}\text{Th}/\text{U}$  dating and paleobotanical study of organic-rich sequences, an attempt was made to resolve the issues of time boundaries, chronostratigraphic position of individual phases, as well as duration of the last interglacial period. To date, the first stage of field work has completed and preliminary data on the duration and paleobotanical characteristics of the first half of the Mikulino Interglacial have obtained. It is shown that the time period covering the vegetation phases M1–M4 correlates with the entire MIS-5e substage.

Keywords: *eochronology, chronostratigraphy, Mikulino (Eemian) Interglacial, uranium-thorium dating, paleobotanical methods, buried continental organogenic deposits, northwestern Russian Plain*