

(Vodoprovodnoe peat bog, northwestern Russia) // Journal of quaternary science. – 2020. – Vol. 35(4). – P. 493–504.

[12] Wastegård S., Wohlfarth B., Subetto D.A., Sapelko T.V. Extending the known distribution of the Younger Dryas Vedde Ash into northwestern Russia // Journal of Quaternary Science. – 2000. – Vol. 15(6). – P. 581–586.

[13] Wulf S., Hardiman M.J., Staff R.A., Koutsodendris A., Appelt O, Blockley S.P.E., Lowe J.J., Manning C.J., Ottoloni L., Schmitt A.K. et al. The marine isotope stage 1-5 cryptotephra record of Tenaghi Philippon, Greece: Towards a detailed tephrostratigraphic framework for the Eastern Mediterranean region // Quaternary Science Reviews. – 2018. – Vol. 186. – P. 236–262.

[14] Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г. и др. Катастрофическая плейстоценовая и голоценовая активность вулканического центра Эльбрус (Северный Кавказ, Россия): события и хронология по данным ^{14}C , ЭПР и К-Аг датирования // Вулканология и сейсмология. – 2001. – №. 2. – С. 3–17.

[15] Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г., Сулержицкий Л.Д., Катов Д.М., Пурига А.И. Радиоуглеродное датирование голоценовых извержений вулкана Эльбрус (Северный Кавказ, Россия) // ДАН. – 1998. – Т.363. – №2. – С. 219–221.

[16] Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Лексин А.Б. и др. Плиоцен-четвертичные пеплы на территории Южного Федерального Округа (проблемы, парадоксы, идеи) // Вестник Владикавказского научного центра. – 2011. – №11(3). – С. 39–47.

[17] Краевая Т.С. Генетические типа плейстоцен-голоценовых и современных грубообломочных образований Эльбруса // Вулканология и сейсмология. – 1985. – №6. – С. 20–32.

[18] Лебедев, В.А., Вашакидзе, Г.Т., Арутюнян, Е.В., Якушев, А.И. Геохронология и особенности эволюции четвертичного вулканизма Кельского нагорья (Большой Кавказ) // Геохимия. – 2011. – №11. – С.1189–1215.

[19] Лебедев, В.А., Парфенов, А.В., Вашакидзе, Г.Т., Габарашвили, К.А., Чернышев, И.В., Тогоидзе, М.Г. Хронология магматической активности и петролого-минералогические характеристики лав четвертичного вулкана Казбек, Большой Кавказ // Петрология. – 2018. – №26(1). – С. 3–33.

[20] Лебедев, В.А., Чернышев, И.В., Чугаев, А.В., Гольцман, Ю.В., Баирова, Э.Д. Геохронология извержений и источники вещества материнских магм вулкана Эльбрус (Большой Кавказ): результаты К-Аг и Sr-Nd-Pb изотопных исследований // Геохимия. – 2010. – № 1. – С. 45–73.

К ВОПРОСУ О ВРЕМЕННЫХ ГРАНИЦАХ МИКУЛИНСКОГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ И ЕГО ОТДЕЛЬНЫХ ФАЗ

**Ф.Е. Максимов¹, В.Ю. Кузнецов^{1,2}, Л.А. Савельева¹, В.А. Григорьев¹, А.Ю. Петров¹,
А.П. Фоменко¹, Н.Г. Баранова¹**

¹ Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
maksimov-fedor@yandex.ru

² Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

ON THE QUESTION OF THE TIME LIMITS OF THE MIKULINIAN INTERGLACIAL AND ITS INDIVIDUAL PHASES

**F.E. Maksimov¹, V.Yu. Kuznetsov^{1,2}, L.A. Savelieva¹, V.A. Grigoriev¹, A.Yu. Petrov¹,
A.P. Fomenko¹, N.G. Baranova¹**

¹ Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia,

² The Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

В последние десятилетия все более актуальным становится прогнозирование изменений климата и связанных с ними природных процессов. Основное внимание уделяется реконструкциям природной среды в голоцене. В меньшей степени это касается позднего плейстоцена. Тем не менее, в среднесрочном прогнозе едва ли не самым надёжными являются аналоговые реконструкции, основанные на детальном изучении палеоклиматов последнего (микулинского, земского) межледниковья. В данном контексте пристальное

внимание должно быть обращено на вопросы, связанные с хронологией микулинского межледниковья и его отдельных фаз.

Оценка временных границ и продолжительности последнего межледниковья на Русской равнине до сих пор по большей части базируется на косвенных данных – корреляции с изотопно-кислородными кривыми, полученными по глубоководным океаническим колонкам и ледовым кернам. Основная причина такого положения дел заключается в том, что, несмотря на большой объем накопленной палеогеографической информации по микулинским отложениям Русской равнины, непосредственно прямые определения их возраста либо фрагментарны, либо отсутствуют.

В вопросе о хроностратиграфической позиции и продолжительности последнего (микулинского, эемского) межледниковья уже более полувека преобладают представления о его соответствии морской изотопно-кислородной подстадии МИС-5е [9, 21]. Соотнесение геохронологической позиции эемского межледниковья с подстадией МИС-5е принято Международной стратиграфической комиссией [15]. Поэтому иногда даже единичные прямые количественные данные трактуются в этом ключе. Например, на основании ОСЛ датировок отложений подстилающих и перекрывающих рышковскую (микулинскую) палеопочву в Александровском карьере (около г. Курска) равных соответственно 127 ± 8 и 115 ± 7 тысяч лет (т.л.) делается вывод о корреляции межледниковья с МИС-5е [10].

Рассматриваются и более продолжительные интервалы времени. Для разреза Vevais в северо-восточной Германии, получены ОСЛ датировки 126 ± 16 и $108,9 \pm 7,8$ тыс. лет по отложениям, вмещающим эемские озерные осадки, и сделано заключение о том, что эемское межледниковье охватывает больший интервал, чем МИС-5е [16].

По результатам ЭПР-датирования раковин морских моллюсков Северной Евразии и скоррелированных с ними данных палинологического изучения лессово-почвенных формаций Восточно-Европейской равнины дано заключение о том, что микулинское межледниковье продолжалось от 145–140 до 70 т.л. назад, т.е. захватывая часть МИС-6 и всю МИС-5 [7]. Этими же исследователями на основании ИК-ОСЛ датирования и палинологического изучения отложений опорного разреза Вока на юго-западном побережье Финского залива было показано, что вторая половина микулинского (эемского) межледниковья соответствует интервалу времени 100–70 т.л. назад, т.е. второй половине МИС-5 [1].

Следует отметить, что в континентальных отложениях Восточной и Западной Европы микулинское/эемское межледниковье определяется на основании палеоботанических данных. В соответствии со стратиграфической последовательностью отложений по изменению состава спорово-пыльцевых спектров для Восточно-Европейской равнины выделены пыльцевые зоны микулинского межледниковья М1–М8 [3], которые в свою очередь скоррелированы [8] с пыльцевыми зонами эемского межледниковья в Западной Европе [17].

Наиболее ценным архивом палеоботанической информации о последнем межледниковом периоде являются погребенные континентальные органогенные отложения. Кроме того эти же осадки могут быть непосредственно датированы $^{230}\text{Th}/\text{U}$ методом. Поэтому их комплексные геохронологические исследования на основе палеоботанического изучения и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования являются перспективными для решения вопросов хронологии микулинского межледниковья.

С начала XXI века с применением данного подхода нами было изучено некоторое количество разрезов в пределах Восточно-Европейской равнины и сопредельных территорий (рис. 1). Их датирование $^{230}\text{Th}/\text{U}$ методом осуществлялось на основе новой версии изохронного приближения с использованием L/L и TSD моделей [6]. Для разрезов Микулино (Смоленская область), Мурава (республика Беларусь) и Фили (г. Москва) общий интервал $^{230}\text{Th}/\text{U}$ возраста с учетом погрешностей охватывал временной диапазон 117–96 т.л. назад и по палеоботаническим данным соответствовал всему межледниковью [5, 6].

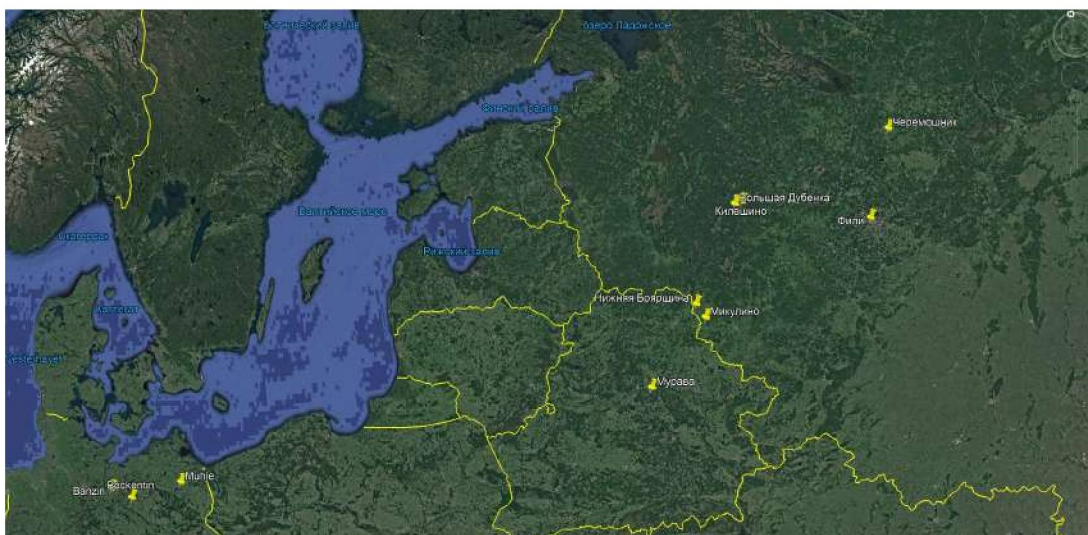


Рис. 1. Расположение разрезов на Восточно-Европейской равнине и сопредельной территории (Северо-Восточная Германия).

Позже нами проводилось радиоизотопное ($^{230}\text{Th}/\text{U}$ метод) и палеоботаническое изучение погребенного торфяника и почвенного горизонта из известного разреза Чермошник в Ярославской области [19, 20]. Для начальной фазы микулинского межледниковья получены $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датировки – $130\pm 11/9$ т.л. (L/L), $117\pm 8/7$ т.л. (TSD), его средней части – $114\pm 12/9$ т.л. (L/L), $115\pm 16/12$ т.л. (TSD). Примерно в это же время нами получены $^{230}\text{Th}/\text{U}$ данные для эемских органогенных отложений из разрезов в северо-восточной Германии: Banzin – $118\pm 10/8$ т.л. (L/L) и $121\pm 12/9$ т.л. (TSD); Beckentin – $118\pm 7/6$ т.л. (L/L) и $114\pm 6/5$ т.л. (TSD); Mühle – $116\pm 13/10$ т.л. (TSD) [13, 14, 18]. Эти датировки согласно палеоботаническим данным соотносились с нижней и средней частями эемского межледниковья.

Данные $^{230}\text{Th}/\text{U}$ возраста и палеоботанического изучения по микулинским и эемским отложениям, сведены в таблицу. Вместо $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датировки приведен интервал возраста с учетом погрешностей. В случае, когда было получено две $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датировки (для L/L и TSD моделей), мы брали перекрестную область двух интервалов возраста. Необходимо отметить, что в проведенных исследованиях основной целью была оценка возраста отложений и не ставилась задача получения детальной хронологии микулинского межледниковья. Для $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования использовались образцы, принадлежащие разным пыльцевым зонам. Тогда как в рамках изохронного приближения $^{230}\text{Th}/\text{U}$ метода требуется анализировать образцы с максимально близким возрастом. Соответственно $^{230}\text{Th}/\text{U}$ интервалы, приведенные в таблице, могут быть рассмотрены только как усредненные и приблизительные временные оценки. Тем не менее, даже эти результаты позволяют предположить, что продолжительность микулинского (эемского) межледниковья, вероятно, могла быть больше, чем временной интервал МИС-5е.

Из вышеизложенного следует, что комплексный геохронологический подход на основе $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования и палеоботанического изучения органогенных отложений может быть применен для установления временных границ микулинского межледниковья и его отдельных фаз. В данном контексте предлагается модернизировать некоторые аспекты его практического использования. При условии получения экспериментальных данных о распределении содержания изотопов урана и тория и их отношений активностей по вертикальному профилю отложений могут быть выбраны узкие участки пригодные для применения изохронного приближения. С учетом детального палеоботанического изучения это позволит датировать $^{230}\text{Th}/\text{U}$ методом слои, соотносящиеся с короткими временными интервалами развития растительности в течение межледникового периода. Следует отметить, что для выполнения поставленных задач необходимым условием является радиохимическое и палеоботаническое изучение образцов, отобранных с высоким разрешением (2–5 см),

Таблица. Интервалы $^{230}\text{Th}/\text{U}$ возраста (в тысячах лет) органогенных отложений разных разрезов в соответствии с биостратиграфической схемой последнего межледникового. Корреляция зон микулинского и эемского периодов дана согласно [8].

Фазы микулинского межледникового ¹	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
с. Микулино (Смоленская обл.)						116 – 104			
Фили (Москва)		117	–	104					
Мурава (Беларусь)						107	–	96	
Черемошник (Ярославская обл.)	125–121		126	–	105				
Фазы эемского межледникового ²	Late Saalian	E1	E2	E3	E4a	E4b	E5	E6	E7
Banzin (NE-Germany)	128		–		112				
Beckentin (NE-Germany)	120		–		112				
Mühle (NE-Germany)						129 – 106			

¹ – [3]; ² – [17].

В последние несколько лет на основе этого усовершенствованного геохронологического подхода нами проводятся исследования известных разрезов с микулинскими органогенными отложениями на Северо-Западе Русской равнины таких как Нижняя Боярщина в Смоленской области [11], Килешино [2, 4] и Большая Дубенка [12] в Тверской области (рис. 1). По первым данным палеоботанического изучения и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования торфов и гиттий из этих разрезов можно сделать некоторые предварительные выводы. Начало микулинского межледникового достаточно близко началу стадии МИС-5. Продолжительность межледникового периода действительно, скорее всего, выходит за временные рамки МИС-5е. Более того, вероятно, что лишь его первая половина, соответствующая пыльцевым зонам M1–M4, может быть соотнесена с временным интервалом МИС-5е. Таким образом, уже первые экспериментальные данные позволяют говорить о том, что предлагаемый комплексный подход является перспективным для получения точных данных о количественном возрасте границ, хроностратиграфическом положении этапов и продолжительности этого теплого периода. Помимо этого в ходе подобных исследований могут быть детализированы представления об изменениях растительных формаций в течение последнего межледникового.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00813.

Список литературы

[1] Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Вторая половина МИС 5 (100–70 тысяч лет назад): ледниковье или межледниковье // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена: Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года» / Отв. редакторы Н. С. Болиховская, Т. С. Ключиткина, Т. А. Янина. – М.: Географический факультет МГУ, – 2020. – С. 63–70.

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

[3] 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.

- [4] Карпухина 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. – Том 84. – № 6. – С. 874–887.
- [5] Кузнецов В.Ю., Максимов Ф.Е. Методы четвертичной геохронометрии в палеогеографии и морской геологии. – СПб.: Наука, – 2012. – 191 с.
- [6] Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю. Новая версия $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования верхне- и среднеплейстоценовых отложений // Вестник СПбГУ. – 2010. – Сер.7. Вып.4. – С. 94–107.
- [7] Молодьков А.Н., Болиховская Н.С. Климато-хроностратиграфическая схема неоплейстоцена Северной Евразии // Материалы Всерос. науч. конф. “Марковские чтения 2010 года”. Вып. 3. – М.: Географический Факультет МГУ, – 2011. – С. 44–76.
- [8] Новенко Е.Ю. Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковье и переходные этапы климатических макроциклов. – М.: ГЕОС, – 2016. – 228 с.
- [9] Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен: Атлас-монография / Отв. ред. А.А. Величко. – М.: ГЕОС, – 2009. – 120 с.
- [10] Сычева С.А. Эволюция представлений о возрасте, продолжительности и стадийности развития почвы микулинского межледниковья // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – М.: Геос, – 2018. – № 76. – С. 99 – 109.
- [11] 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.
- [12] 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. – М.: Изд. АН СССР, – 1961. – № 26. – С. 35–49.
- [13] Böerner A., Hrynowiecka A., Kuznetsov V., Stachowicz-Rybka R., Maksimov F., Grigoriev V., Niska M., Moskal-del Hoyo M. Palaeoecological investigations and $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of Eemian interglacial peat sequence of Banzin (Mecklenburg-Western Pomerania, NE-Germany) // Quaternary International. – 2015. – V. 386. – P. 122–136.
- [14] Börner A., Hrynowiecka A., Stachowicz-Rybka R., Niska M., Moskal-del Hoyo M., Kuznetsov V., Maksimov F., Petrov A. Palaeoecological investigations and $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating of the Eemian Interglacial peat sequence from Neubrandenburg-Hinterste Mühle (Mecklenburg-Western Pomerania, NE Germany) // Quaternary International. – 2018. – Vol. 467. – Part. A. – P. 62–78.
- [15] 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. – Vol. 31. – № 2. – P. 260–263.
- [16] Lüthgens C., Böse M., Lauer T., Krbetschek M., Strahl J., Wenske D. Timing of the last interglacial in Northern Europe derived from Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of a terrestrial Saalian-Eemian-Weichselian sedimentary sequence in NE-Germany // Quaternary International. – 2011. – Vol. 241. – P. 79–96.
- [17] Menke B., Tynni R. Das Eeminterglazial und das Weichselfrühglazial von Rederstall/Ditthmarschen und ihre Bedeutung für die mitteleuropäische Jungpleistozän-Gliederung // Geologisches Jahrbuch. – 1984. – Vol. 76. – P. 3–120.
- [18] Rother H., Lorenz S., Börner A., Kenzler M., Siermann N., Fülling A., Hrynowiecka A., Forler D., Kuznetsov V., Maksimov F., Starikova A. The terrestrial Eemian to late Weichselian sediment record at Beckentin (NE-Germany): First results from lithostratigraphic, palynological and geochronological analyses // Quaternary International. – 2019. – Vol. 501. – Part. A. – P. 90–108.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.