



Палеоантракологический анализ в исследовании позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики

Л. И. Лазукова^{1,2}, К. Г. Филиппова¹, О. А. Дружинина²

¹ Институт географии РАН, Москва, Россия
lazukova@yandex.ru, xenia.filippova@igras.ru

² Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия
olga.alex.druzhinina@gmail.com

В статье представлены результаты палеоантракологического анализа позднеледникового разреза Куликово (Юго-Восточная Прибалтика, Калининградская область). Палеоантракологический анализ предложен как новый методический подход в изучении проблемы присутствия древесных пород в позднеледниковой растительности. В ходе анализа образцов выявлены 22 морфотипа макроуглей, среди которых выделяются индикаторы древесной (хвойной и лиственной) растительности. Полученные результаты указывают на почти непрерывное локальное присутствие древесных пород на изученной территории уже со среднего дриаса (не позднее ~13 980 кал. л. н.). Этот вывод хорошо согласуется с имеющимися палинологическими данными, свидетельствующими, что процентное содержание древесных пород начиная с конца среднего дриаса и примерно до 12.5 тыс. л. н. (первая треть позднего дриаса) не опускается ниже 50 %, а на значительном протяжении изученного интервала достигает 70–80 %. Палеоантракологический анализ может быть как независимым методом, так и важным дополнением к реконструкции позднеледниковой и раннеголоценовой растительности по спорово-пыльцевым данным.

Ключевые слова: палеоантракология, древесная растительность, палинология, Юго-Восточная Прибалтика, позднеледниковье

Paleoanthracological analysis in the study of Late Glacial vegetation of the South-Eastern Baltic

L. I. Lazukova^{1,2}, K. G. Filippova¹, O. A. Druzhinina²

¹ Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

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

The article presents results of a paleoanthracological analysis of the Kulikovo Late Glacial section (South-Eastern Baltic, Kaliningrad Region). The paleoanthracological analysis is proposed as a new methodological approach to study the presence of woody taxa in Late Glacial vegetation. The analysis of the samples reveal 22 macrocharcoal morphotypes, including indicators of woody (coniferous and deciduous) vegetation. The obtained results indicate an almost continuous local presence of woody species in this area since the Older Dryas (no later than ~13,980 cal yr BP). This conclusion is consistent with available palynological data, indicating that the percentage of woody taxa from the end of the Older Dryas until approximately 12.5 ka does not fall below 50 %, and over a significant part of the studied interval, it reaches 70–80 %. The paleoanthracological analysis can serve as both an independent method and an important addition to the reconstruction of Late Glacial and early Holocene vegetation based on palynological data.

Keywords: paleoanthracology, woody vegetation, palynology, southeastern Baltic, Late Glacial

Введение

Палеоантракологический анализ — это анализ содержания, концентрации и типов макроскопических частиц угля в отложениях озер и болот. Большинство исследователей этот метод используется для изучения истории пожарной активности, воссоздания долгосрочных изменений в возникновении пожаров, он дополняет и расширяет реконструкции, полученные на основе палинологических, дендрохронологических и исторических данных (Whitlock, Larsen, 2002; Куприянов, Новенко, 2021). В качестве инструмента для изучения истории пожаров методика изучения макроуглей разрабатывается с 80-х годов XX века (Tolonen, 1986; Patterson et al., 1987; Clark, 1988; MacDonald et al., 1991).

Кроме реконструкции пожарной активности в прошлом дополнительную палеоэкологическую информацию можно получить путем классификации морфологии частиц угля. Так, например, идентификация сгоревшего материала — древесины, листьев, игл хвойных, травы — является ценным источником информации для палеоботанических реконструкций. В настоящее время для этих целей используется классификация макроуглей С. J. C. Mustaphi и M. F. J. Pisarcic (2014). Она разработана по итогам наблюдения > 100 000 макроскопических фрагментов угля размером более 0.15 мм, полученных при исследовании голоценовых отложений озер, расположенных в зоне смешанных

Для цитирования: Лазукова Л. И., Филиппова К. Г., Дружинина О. А. Палеоантракологический анализ в исследовании позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики // Вестник геонаук. 2025. 12 (372). С. 31–36. DOI: 10.19110/geov.2025.12.4

For citation: Lazukova L. I., Filippova K. G., Druzhinina O. A. Paleoanthracological analysis in the study of Late Glacial vegetation of the South-Eastern Baltic. Vestnik of Geosciences, 2025, 12 (372), pp. 31–36, DOI: 10.19110/geov.2025.12.4

и хвойных лесов умеренного пояса. Классификация описывает 27 вариаций макроскопической морфологии древесного угля.

Предполагается, что более крупные частицы древесного угля (длиной более 50 мкм, называемые макроскопическим углем), вероятно, не попадают во взвешенное состояние при нормальной скорости ветра, и если они находятся во взвешенном состоянии, будут перемещаться на гораздо более короткие расстояния, чем древесный уголь, обычно встречающийся в пылевых препаратах. Согласно исследованиям J. S. Clark (1988), эти более крупные частицы древесного угля отражают режим пожара в водосборном бассейне седиментационной ловушки (озера или болота). Расстояние распространения макроугля зависит от интенсивности пожара, площади, охваченной пожаром, и условий, благоприятных для переотложения, и составляет десятки — сотни метров, в некоторых случаях 10—20 километров (Higuera et al., 2007). Таким образом, изучение типа сгоревшего материала, основанное на исследовании макроуглей, отражает его локальные источники, т. е. локальную растительность.

Эти особенности метода палеоантракологического анализа были использованы нами с целью исследования локальной позднеледниковой растительности Юго-Восточной Прибалтики. Проведенные здесь за последние два десятилетия палеоботанические исследования показали, что позднеледниковая растительность этой территории претерпевала многочисленные изменения. Региональные спорово-пыльцевые данные свидетельствуют, что позднеледниковая растительность Юго-Восточной Прибалтики была представлена пионерными травяными и кустарничковыми сообществами в раннем дриасе (16—14.7 тыс. л. н.); редколесьями или «парковыми» сосново-березовыми лесами в беллинге и сосново-березовыми лесами с более густым покровом в аллереде (14.7—12.9 тыс. л. н.); увеличением доли тундровых сообществ во время похолодания в среднем дриасе (14.1—14.0 тыс. л. н.), как, например, в более северных районах Прибалтики, и сокращением густоты древесного покрова в позднем дриасе (12.9—11.7 тыс. л. н.) (Wachnik, 2009; Veski et al., 2012).

При изучении эволюции позднеледниковой растительности особого внимания заслуживает вопрос о появлении древесных пород. Кроме влияния на микроклимат, физико-химические свойства почвенного покрова, интенсивность поверхностной эрозии, режим поверхностного стока, наличие древесной растительности является прямым показателем климатической ситуации.

Самым обширным источником сведений о динамике древесного покрова являются палинологические данные. В Прибалтике пыльца древесных пород (*Pinus*, *Betula*, *Salix*, *Picea*) фиксируется уже 16—14.7 тыс. л. н. (Druzhinina et al., 2025b). Однако открытость окружающего ландшафта, сильные ветры, предполагаемые для определенных периодов позднеледниковья, могли стать причиной присутствия некоторого количества заносной пыльцы в региональных спектрах. В результате использование в палеореконструкциях только палинологической информации может приводить к пере- или недооценке роли древесного покрова в позднеледниковых ландшафтах. Для верификации и дополнения палинологической информации существу-

ют другие категории палеоботанических данных, такие как фитолиты или растительные макро- и микро-остатки (фрагменты эпидермиса, древесина, кора, хвоя и т. п.). В качестве нового методического подхода в изучении проблемы появления древесных пород на позднеледниковых пространствах нами предлагается использование палеоантракологического анализа, и конкретно определение типа сгоревшего материала.

В 2022—2024 гг. в Калининградской области начато комплексное изучение позднеледниковой разреза Куликово. Разрез надежно датирован, проведено комплексное литологическое и палинологическое исследование отложений на микростратиграфическом уровне, каждые 1—3 см по видимой слоистости осадка (Druzhinina et al., 2025a, 2025b). Полученные результаты показали уникальность разреза: толщина мощностью 192 см охватывает временной интервал 14.1—12.5 тыс. л. н. и позволяет с высокой степенью детальности реконструировать природные особенности данного периода времени. В статье рассматриваются первые результаты палеоантракологического анализа разреза и их значение для решения вопроса о присутствии древесных пород в позднеледниковых ландшафтах.

Материалы и методы

Разрез Куликово расположен на западе Калининградской области, в береговом обрыве Самбийского полуострова (54°56' N, 20°21' E) (рис. 1). Рельеф этой территории сложен и представлен холмистыми и холмистогрядовыми конечно-моренными участками, чередующимися с плоскими и слабоволнистыми моренными и озерно-ледниковыми равнинами. Современная растительность представлена луговыми, болотными и лесными сообществами. Типы почв, характерные для данной территории, — это болотные низинные перегнойно-торфяные, подзолистые и бурые лесные. Климат переходный от морского к континентальному (t января -4.5 °C; t июля $+17.5$ °C) (Географический..., 2002).

В ходе палеоантракологического анализа проведен подсчет и идентификация макроскопических (линейные размеры > 100 мкм) частиц угля в 66 образцах. Методика включала: 1) обработку грунта 9 % раствором перекиси водорода H_2O_2 ; 2) промывание осадка на сите с диаметром ячейки 0.1 мм (рис. 2); 3) подсчет частиц макроуглей, который был выполнен на бинокулярном микроскопе MOTIC SMZ-168 при 20-кратном увеличении; 4) определение типа карбонизированного материала. Классификация углей по морфотипам и определение сгоревшего материала проводились согласно С. Mustaphi и М. Pisaric (2014). Морфологические типы выделены по форме: А — многоугольные, В — блоки и прямоугольники, С, D — удлиненные, Е — сферидальные, F, G — неправильной и стеклообразной формы. Кроме геометрических параметров описываются структурные и текстурные особенности: частицы угля могут быть простыми, бороздчатыми, содержащими пустоты, с решетчатой структурой, с прожилками и т. д.

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ выявил 22 морфотипа макроуглей (рис. 3). В целом разнообразие морфотипов возрастает от более глубоких слоев к поверхности.



Рис. 1. Расположение объекта исследований — разреза Куликово. Внешний вид абразионного берега и расчистки разреза
Fig. 1. Location of the study area — Kulikovo section. View of the abrasion bank and section clearing

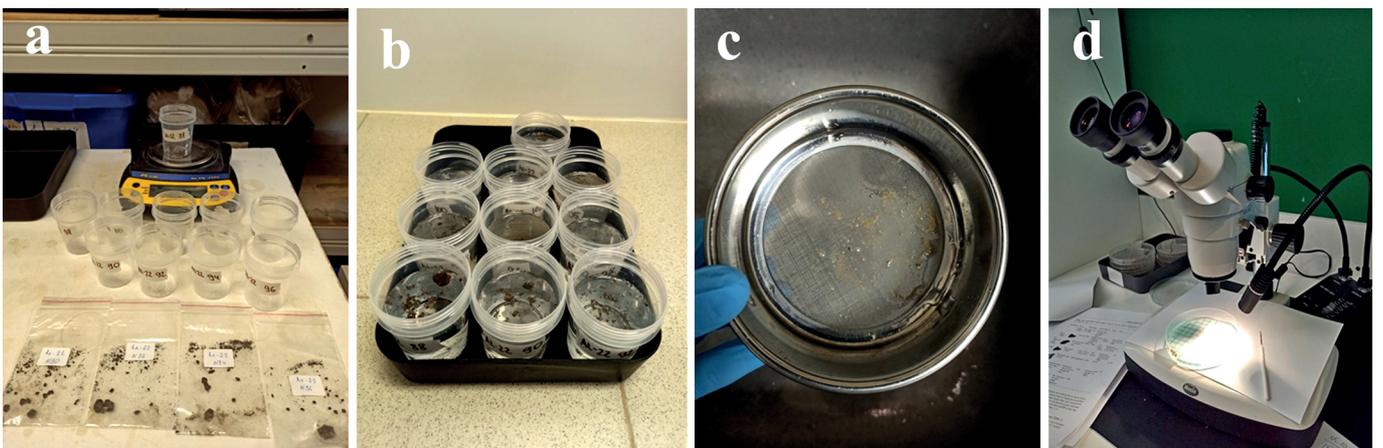


Рис. 2. Методика палеоантракологического исследования образцов разреза Куликово: а — отбор образцов и взвешивание навесок; б — добавление 9 % раствора перекиси водорода; с — ситование с диаметром ячейки 0.1 мм; д — определение макроуглей на микроскопе MOTIC SMZ-168 при 20-кратном увеличении
Fig. 2. Methodology for paleoanthracological studies of samples from the Kulikovo section: a — sample collection and weighing; b — addition of 9 % hydrogen peroxide solution; c — sieving with a 0.1 mm mesh size; d — determination of macrocharcoal using a MOTIC SMZ-168 microscope at 20x magnification



Глубина, м	Возраст, кал. л. н.	Период	Номер образца	Тип макроуглей	Интерпретация			
0		ПОЗДНИЙ ДРИАС	124	нет				
			122	A3, C3, D1, D2	Листья однодольных, листья, веточки, древесина, гнилая древесина			
			120	C3, C6, D1	Веточки, листья, древесина, стебли листьев, корни трав			
			118	B1, C3, C5, D1, D2	Листья, древесина, веточки, прожилки листьев			
			116	A3, A4, C3	Гнилая древесина, листья, веточки			
			115	F1	Корни			
			113	нет				
			112	B2, D3	Злаки, древесина			
			110	A2, B1, C3	Травянистый материал, древесина, веточки			
			108	B1, C3, D1, D3	Листья, веточки, злаки, древесина			
0.45	-12770±240	ПОЗДНИЙ ДРИАС	106	A2, A3, B1, C3, C6, C7, D2, E3	Древесина, веточки, корни, тонкие стебли, травянистый материал, гнилая древесина, листья, смола/семена?			
			105	A2, A3, B1, C3, D1, D2, D3	Листья, древесина, веточки, гнилая древесина, смола/семена?			
			102	A4, B1, B2, C3, D3, E3	Злаки, древесина, веточки, листья, смола/семена?			
			100	B1	Древесина			
			98	B1, B2, B4, C3, D1, D2	Веточки, листья однодольных, листья, древесина, злаки			
			96	A3, B1, C5, D1, D2	Прожилки листьев, древесина, листья однодольных			
			0.52		АЛЛЕРЁД	94	A3, C3, D1	Веточки, листья однодольных, гнилая древесина, листья
						92	A3, B1, C7, D2, D3, G1	Древесина, корни, тонкие стебли, смола/семена/фитолиты, листья, злаки, гнилая древесина
						90	A2, A3, C4, D2	Листья, травянистый материал, гнилая древесина, веточки
						88	D3	Злаки
86	D1, D3	Листья однодольных, злаки						
84	B1	Древесина						
82, 80, 78	нет							
76	D1	Листья однодольных						
74	A2	Травянистый материал						
72	A1, B1, B2	Древесина, злаки						
1.06	-13100±160	АЛЛЕРЁД	70	A1, B1, D2, E3	Древесина, листья, смола/семена?			
			68	A1, B1, B2, C1, E3	Древесина, хвоя, листья, смола/семена?			
			66	нет				
			65	D1, E3	Листья однодольных, смола?			
			63	D1	Листья однодольных			
			60	нет				
			58	A2, E3	Травянистый материал, смола/семена?			
			56	A3, B1, B2, B5, D1, G1	Смола/семена?, листья однодольных, хвоя, травы, древесина, злаки			
			53, 51	нет	В обр. 53 много ракуши			
			50	B1	Древесина			
1.63	-13690±130	АЛЛЕРЁД	48	A3, A4	Гнилая древесина, листья			
			46	E3	Смола/семена?			
			44	B1, D1, E3	Листья однодольных, смола/семена?, древесина			
			42	D2, E1	Листья, смола?			
			40	A3, B3, E1, E3, E3	Смола/семена?, листья, гнилая древесина, прожилки листьев			
			38	A1, E3	Смола/семена?, древесина			
			35	E1	Смола/семена?			
			33	B2, E2	Древесина, листья злаков, смола?			
			31	нет				
			29	A2, B2	Травянистый материал, древесина, злаки			
1.72		СРЕДНИЙ ДРИАС	27	B2, E3	Древесина, злаки, смола/семена?			
			25	A3, B1, D1	Листья однодольных, древесина, гнилая древесина, листья			
			23	B4, E3	Смола/семена?, листья (злаков)			
			21	A3, B2, E3	Древесина, листья злаков, смола/семена?, гнилая древесина, листья			
			19	C1, D2	Хвоя, листья			
			16	A3, C5	Гнилая древесина, листья, прожилки листьев			
1.86	-13960±140	СРЕДНИЙ ДРИАС	13	A2, A3, C1, C6, D1	Листья однодольных, гнилая древесина, листья, древесина, хвоя, стебли листьев, корни			
			12	нет				
			11	E3	Смола/семена?			
			10	A3, B3, C5	Древесина, листья, гнилая древесина, прожилки листьев			
			9, 8	нет				
			6	A3	Гнилая древесина			
1.92	-14040±160	СРЕДНИЙ ДРИАС	5	A3	Гнилая древесина			
			4	B3, E1	Древесина, листья, прожилки листьев, семена?			
			3-1	нет				

Рис. 3. Результаты палеоантракологического анализа разреза Куликово
 Fig. 3. Results of paleoanthracological analysis of the Kulikovo section

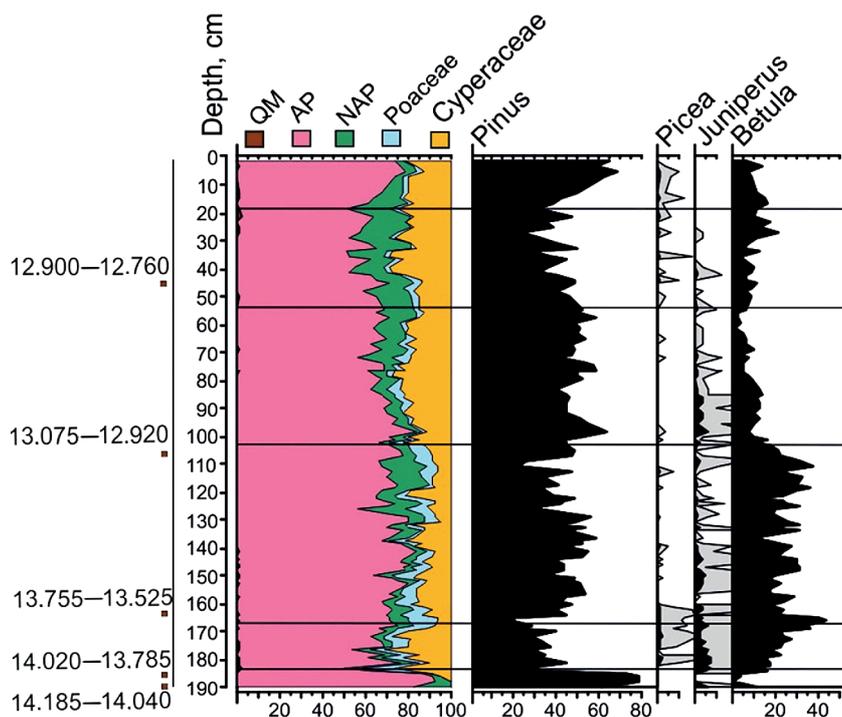


Рис. 4. Фрагмент спорово-пыльцевой диаграммы разреза Куликово (по Druzhinina et al., 2025b)

Fig. 4. Fragment of the spore-pollen diagram of the Kulikovo section (after Druzhinina et al., 2025b)

Первое появление индикаторов древесной растительности зафиксировано в образце 4, соответствующем интервалу 13 980 кал. л. н. Максимальное количество и наибольшее разнообразие частиц древесного угля обнаружено в отложениях, соответствующих двум временным отрезкам: около 13 260 и 12 770 кал. л. н. (рис. 3). В наибольшем количестве представлены морфотипы: B1 — 39 углей (форма — объемные блоки, предполагаемый источник топлива — древесина); D1 — 33 угля (тонкие и длинные, листья однодольных, древесина); A3 — 24 угля (монокотилеидные многоугольники, гнилая древесина, листья); C3 — также 24 угля (длинные, тонкие, поверхность с зазубринами, веточки). Встречены также морфотипы D2 (17 углей), E3 (11 углей), B2 (10 углей). В 16 образцах угли отсутствуют.

Одной из задач нашего исследования было сопоставление и сравнение данных, полученных методом спорово-пыльцевого анализа и методом изучения макроуглей в отложениях. Как было сказано выше, палинологические данные являются самым обширным источником сведений о динамике древесного покрова в позднеледниковье. На рисунке 4 представлен фрагмент спорово-пыльцевой диаграммы, отражающей результаты палинологического исследования разреза Куликово — той части, которая показывает процентное содержание древесных пород в целом и главных древесных пород позднеледниковья Прибалтики — сосны и березы. Проведение палинологического анализа на микростратиграфическом уровне (каждые 1–3 см разреза) позволило воссоздать подробную картину динамики древесного растительного покрова. Результаты показывают, что процентное содержание древесных пород начиная с конца среднего дриаса и примерно до 12.5 тыс. л. н. (первая треть позднего дриаса) не опускается ниже 50 % AP + NAP, а на значительном протяжении изученного интервала достигает 70–80 %. Сходная ситуация с близким процентным соотношением древесных пород (от 60 до 80 %) наблюдается и по результатам палинологического изучения

других палеоархивов Калининградской области — оз. Камышовое (Druzhinina et al., 2015), торфяников Утиное, Самбийский и региона (Wachnik, 2009). Полученные процентные соотношения свидетельствуют не только о присутствии древесных таксонов в составе позднеледниковой растительности на протяжении всего периода времени от 14–12.5 тыс. л. н., но и о значительной роли древесных пород в составе растительного покрова всего Прибалтийского региона.

Данный вывод хорошо подтверждается данными палеоантракологического анализа. Макроугли — индикаторы древесной растительности — обнаружены уже в самых нижних образцах разреза. Это свидетельствует о локальном присутствии древесной растительности в регионе не позднее 13 980 кал. л. н. В исследованных образцах с содержанием углей индикаторы древесной (хвойной и лиственной) растительности обнаружены в большинстве (в 39 из 51) и в целом по всей толще разреза. Выделяются лишь несколько коротких интервалов, где древесный материал не обнаружен. В разрезе Куликово самый продолжительный из них охватывает 13095 — 13230 кал. л. н., что совпадает с холодным событием GI-1b — осцилляцией Герцензее.

Выводы

В результате палеоантракологического анализа установлено присутствие древесных пород в Юго-Восточной Прибалтике не позднее 13 980 кал. л. н. Индикаторы древесной (хвойной и лиственной) растительности обнаружены в большинстве образцов по всей толще разреза Куликово в интервале 14.0–12.5 тыс. л. н. Результаты палеоантракологического и палинологического анализов хорошо согласуются и указывают на присутствие древесных таксонов в составе позднеледниковой растительности в указанный период времени, а также на значительную роль древесных пород в составе растительного покрова. Палеоантракологический анализ может служить как независимым мето-



дом, так и важным дополнением к реконструкции позднеледниковой и раннеголоценовой растительности по спорово-пыльцевым данным.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 22-17-00113 — П, <https://rscf.ru/project/22-17-00113>.

Литература / References

Географический атлас Калининградской области / Гл. ред. В. В. Орленок. Калининград: Издательство КГУ, ЦНИТ, 2002. 276 с.

Geographical atlas of the Kaliningrad region. Ed. V. V. Orlenok, Kaliningrad: KSU, CNIT, 2002, 276 p. (in Russian)

Куприянов Д. А., Новенко Е. Ю. Реконструкция истории лесных пожаров в южной части Мордовского заповедника в голоцене по данным анализа макроскопических частиц угля в торфе // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смирдовича. 2021. Вып. 26. С. 176—192.

Kupriyanov D. A., Novenko E. Yu. Reconstruction of the history of forest fires in the southern part of the Mordovian Nature Reserve in the Holocene based on the analysis of macroscopic coal particles in peat. Proceedings of the Mordovian State Nature Reserve named after P. G. Smirnovich, 2021, 26, pp. 176—192. (in Russian)

Clark J. S. Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling // *Quat. Res.* 1988. Vol. 30. P. 67—80.

Druzhinina O., Skhodnov I., van den Berghe K., Filippova K. Allerød-Younger Dryas Boundary (12.9—12.8 ka) as a “New” Geochronological Marker in Late Glacial Sediments of the Eastern Baltic Region. *Quaternary* 2025. Vol. 8. P. 28. <https://doi.org/10.3390/quat8020028>

Druzhinina O., Rudinskaya A., Lazukova L., Skhodnov I., Burko A., van den Berghe K. “Thermophilous” Trees in the Late-glacial Vegetation of the Eastern Baltic: New Questions for an Old Issue. *Forests* 2025. Vol. 16. P. 1336. <https://doi.org/10.3390/f16081336>

Druzhinina O., Subetto D., Stančikaite M., Vaikutiene G., Kublitsky J., Arslanov Kh. Sediment record from Kamyshovoe Lake,

Kaliningrad Region: new data on history of vegetation in the late Pleistocene — early Holocene // *Baltica*. 2015. Vol. 28 (2). P. 121—134.

Fiłoc M., Kupryjanowicz M., Suchora M., Luoto T., Nevalainen L. Late-Weichselian (Vistulian) environmental changes in NE Poland — Evidence from Lake Suchar Wielki // *Catena*. 2024. Vol. 234. P. 107546.

Higuera P. E., Peters M. E., Brubaker L. B., Gavin D. G. Understanding the origin and analysis of sediment-charcoal records with a simulation model // *Quaternary Science Reviews*. 2007. Vol. 26. P. 1790.

MacDonald G. M., Larsen C. P. S., Szeicz J. M., Moser K. A. The reconstruction of boreal forest fire history from lake sediments: a comparison of charcoal, pollen, sedimentological, and geochemical indices // *Quat. Sci. Rev.* 1991. Vol. 10. P. 53—71.

Mustaphi C. J. C., Pisaric M. F. J. A classification for macroscopic charcoal morphologies found in Holocene lacustrine sediments // *Progress in Physical Geography*. 2014. P. 1—21.

Patterson W. A., Edwards J., MacGuire D. J. Microscopic charcoal as a fossil indicator of fire // *Quat. Sci. Rev.* 1987. Vol. 6. P. 3—23.

Veski S., Amon L., Heinsalu A., Reitalu T., Saarse L., Stivrins N., Vassiljev J. Lateglacial vegetation dynamics in the eastern Baltic region between 14,500 and 11,400 cal yr BP: A complete record since the Bølling (GI-1e) to the Holocene. *Quat. Sci. Rev.* 2012. 40. P. 39—53.

Tolonen K. Charred particle analysis // In: Berglund, B. E. (ed.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley and Sons, Ltd. New York. 1986. P. 485—496.

Wachnik A. Vegetation development in the Lake Miłkowskie area, North-Eastern Poland, from the Plenivistulian to the late Holocene. *Acta Palaeobot.* 2009. 49. P. 287—335.

Whitlock C., Larsen C. P. S. Charcoal as a Fire Proxy // In book: *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators (Vol. 3)* Editors: J. P. Smol, H. J. B. Birks, W. M. Last. Dordrecht: Kluwer Academic. 2002. P. 76—97.

Поступила в редакцию / Received 31.10.2025