

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-170

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ СЭМ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА

THE UNCONVENTIONAL SEM STUDIES AS A WAY TO INCREASE THE INFORMATIVE POTENTIAL OF PALYNOLOGICAL METHOD

Г. М. Левковская¹, Е. С. Чавчавадзе², А. Н. Боголюбова², Е. В. Беляева¹,
С. Н. Лисицын¹, М. Ю. Степанова¹, А. К. Каспаров¹

¹*Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург*

²*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург*

G. M. Levkovskaya¹, E. S. Chavchavadze², A. N. Bogolyubova², E. V. Belyaeva¹,
S. N. Lisitsyn¹, M. Y. Stepanova¹, A. K. Kasparov¹

¹*Institute for the History of Material Culture RAS, Saint Petersburg*

²*Komarov Botanical Institute RAS, Saint Petersburg*

✉ ggstepanova@yandex.ru

Аннотация

Предлагается в дополнение к традиционным СЭМ-исследованиям отдельных палиноморф исследовать и документировать с помощью СЭМ комплексы пыльцы, захороненные в пробирочных мацератах отложений. СЭМ позволяет: 1) получать изображения палинокомплексов — «кладбищ» пыльцы различных таксонов растений; 2) обнаруживать мельчайшие палеоботанические остатки внутри палинологических «кладбищ».

Abstract

In addition to traditional SEM studies of individual palynomorphs, it is proposed to use SEM for examination and documentation of pollen complexes from the test tube macerates of sediments. It allows: 1) to obtain SEM micrographs of the “pollen cemeteries” of different plant taxa; 2) to detect the smallest paleobotanical remains between numerous pollen grains.

Традиционно палиноморфологи используют СЭМ для исследования отдельных палиноморф, а палеопалинологи, за редким исключением, не используют СЭМ из-за сложности подготовки ископаемого материала к СЭМ-исследованиям.

Предлагается кроме отдельных палиноморф исследовать с помощью СЭМ пробирочные мацераты отложений с комплексами пыльцы. Методика подготовки столиков для СЭМ-исследований мацератных осадков такая же, как и для исследований отдельных палиноморф, — напыление столиков смесью золота с палладием. Различается лишь объект исследований — палинокомплексы вместо отдельных пыльцевых зерен.

Нами были получены традиционные палинологические данные и СЭМ-микрографии отдельных палиноморф и мацератных комплексов отложений для многослойных и хорошо стратифицированных стоянок средневековья — Старая Ладога; палеолита — Королево (Украина), Кетросы (Молдова), Бетово, Костенки 1, 12, 14, Борщево (Русская равнина); пещерных мустьевских стоянок — Денисова (Алтай) и Кударо I, Кударо III, Ахштырская, Воронцовская, Мезмайская, Матузка, Баракаевская и Монашеская (Кавказ), а также СЭМ-данные для одного из древнейших памятников Европы — пещеры Атапуэрка в Испании. Опубликована лишь небольшая часть СЭМ-материалов. Анализ СЭМ-микрографий из вышеперечисленных стоянок показал, что особо значимые данные получены для пещерных стоянок Монашеская, Баракаевская и Атапуэрка.

В Монашеской пещере [1], по данным трасолога В. Е. Щелинского, более 65,2 % орудий имеют следы обработки древесины. Но из этой пещеры в результате многолетних тщательнейших раскопок не удалось набрать даже несколько граммов углей, необходимых для радиоуглеродных датировок, а имеющиеся даты получены по костям [2]. СЭМ-исследование мацератного комплекса позволило получить для этой пещеры две СЭМ-микрографии (рис. 1) фрагментов пор древесины сосны и ели, определенных Е. С. Чавчавадзе [3]. Сейчас хвойные леса растут значительно выше пещеры, которая располагается в поясе широколиственных лесов Кавказа.

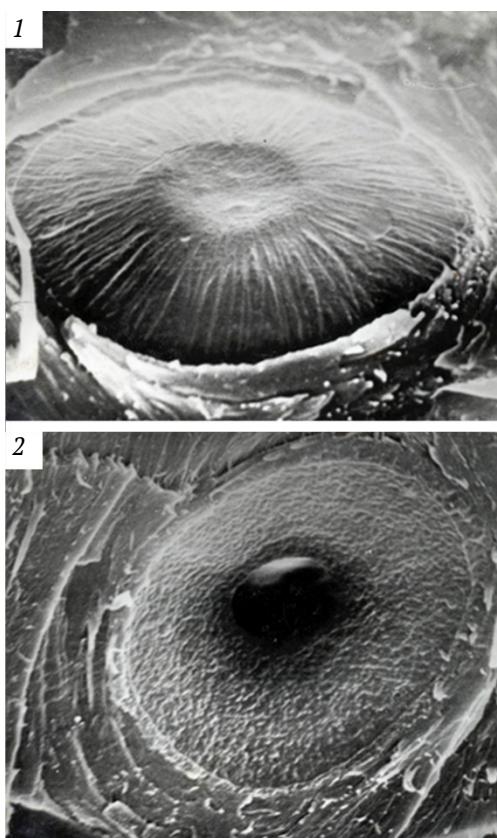


Рис. 1. Трахеиды древесины (определение Е. С. Чавчавадзе), обнаруженные на СЭМ-микрофотографии, полученной при исследовании пробирочных мацератов отложений.

Монашеская мустерьская пещерная стоянка на Кавказе. Раскопки В. П. Любина и Е. В. Беляевой. СЭМ (6600×).

1 — сосна *Pinus* sp., 2 — ель *Picea* sp.

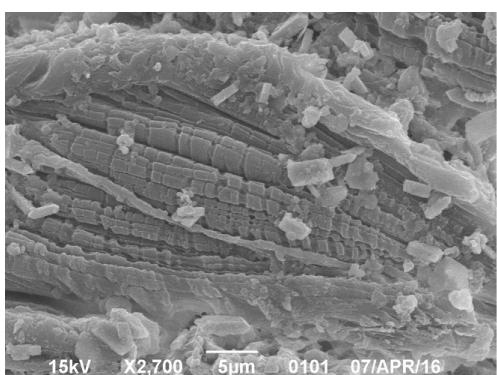


Рис. 2. Микроостатки древесины грецкого ореха *Juglans* sp. (определение Е. С. Чавчавадзе), обнаруженные на СЭМ-микрофотографии, полученной при исследовании пробирочных мацератов горизонта красноцветов пещеры. Раннепалеолитическая пещерная стоянка Атапуэрка (Испания). Раскопки EPPC-2018. СЭМ (2700×)

В мощных толщах красноцветов из одного из древнейших палеолитических памятников Европы — пещеры Атапуэрка в Испании — никто вообще не находил пыльцу. СЭМ-исследования именно пробирочного мацерата [4] дало возможность получить изображения комплекса пыльцы и изображение микроостатка древесины грецкого ореха (рис. 2).

В Баракаевской пещере [5] удалось впервые получить СЭМ-изображение «кладбища» неразвитой ультракарликовой, сильно утонченной, трудно определимой даже до семейства пыльцы одновременно всех таксонов растений, которая является индикатором климатического экстремума эпохи неандертальцев: условия контакта степей, альпийского и субальпийского поясов гор по палинологическим, палеозоологическим и десквамационным данным [1]. Сейчас пещера располагается в поясе широколиственных лесов Кавказа.

В результате нетрадиционного подхода к СЭМ-исследованиям удалось получить СЭМ-изображения «кладбищ» тератоморфных пыльцевых зерен, полученных из высокорадиоактивных проб, отобранных с поверхности почвы на второй год после Чернобыльской катастрофы на расстоянии 10–22 км от ЧАЭС. В результате выполнено сравнение типов палинотертарных «ответов» репродуктивной сферы растений на чернобыльскую катастрофу и на климатические экстремумы эпохи неандертальцев [6–8].

Таким образом, нетрадиционное использование СЭМ для получения изображений не только отдельных палиноморф, но и «кладбищ» палинокомплексов прошлого и настоящего, значительно увеличивают информативность палинологического метода:

- 1) находить разнообразные, даже очень мелкие палеоботанические остатки среди кладбищ пыльцы;
- 2) уточнять палеоэкологические реконструкции;
- 3) документировать с помощью СЭМ-микрофотографий «кладбища» тератоморфных пыльцевых зерен, которые сформировались во время экологических экстремумов климатического генезиса прошлого и настоящего и техногенных катастроф.

Литература

1. Неандертальцы Гупсского ущелья на Северном Кавказе. Майкоп: Меоты, 1994. С. 163–164.
2. Беляева Е. В., Леонова Е. В., Любин В. П. и др. Палеоэкологическая динамика и обитание человека в Губском микрорегионе (Кубанский Кавказ) в среднем палеолите-мезолите // Адаптация культур палеолита-энеолита к изменениям природной среды на Северо-Западном Кавказе. СПб.: Теза, 2009. С. 27–46.
3. Чавчавадзе Е. С. Древесина хвойных. Л.: Наука. 1979. С. 192.
4. Левковская Г. М., Карцева Л. А., Чавчавадзе Е. С. и др. О получении информации об объектах собирательства каменного века с помощью СЭМ (данные по стоянкам: Баракаевская, Монашеская, Костенки 1/1, Борщево 5, Атапуэрка) // Стратегии жизнеобеспечения в каменном веке, прямые и косвенные свидетельства рыболовства и собирательства. Мат. междунар. конф. посвящ. 50-летию В. М. Лозовского. Санкт-Петербург, 15–18 мая 2018 г. СПб.: ИИМК РАН, 2018. С. 252–254. URL: https://www.old.archeo.ru/izdaniya-1/vagnejshije-izdaniya/pdf/2018MatConf_Loz50.pdf (дата обращения: 11.07.2025).
5. Levkovskaya G., Lyubin V., Belyaeva E. Late Caucasian Neandertals of Barakaevskaya Cave: Chronology, Palaeoecology and Palaeoeconomy (Chapter 16) // Caves in Context. The Cultural Significance of Caves and Rockshelters in Europe. Oxford: Oxbow Books, 2012. P. 225–253. URL: <https://doi.org/10.2307/j.ctvh1dj4.20> (accessed: 11.07.2025).

6. Левковская Г.М., Шамаль Н.В., Орехова М.Г. и др. Типы палинотератных комплексов отложений из 30 км зоны Чернобыля и плейстоценовых климатических экстремумов // Чернобыль: 30 лет спустя. Мат. межд. науч. конф. (21–22 апреля 2016 г.). Гомель: НАН Беларусь, 2016. С. 135–140. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B6K-Pvik5WACNkZKa0JidHBNcjQ/view?usp=sharing> (дата обращения: 11.07.2025).

7. Levkovskaya G., Shamal N., Bogolyubova A. et al. The SEM characteristics of the “cemeteries” of palynotrates formed under two local types of radioactive load near the Chernobyl NPP, under climatic extremes of the Neanderthal epoch, and under geomagnetic excursion Laschamp ~42 000 years ago // RAP Int. Conf. Radiat. Appl. Phys., Chem., Biol., Med. Sci., Eng. Environ. Sci. Conf. Proc. Granada, Spain, 2024. Vol. 9. P. 9. URL: https://www.rap-conference.org/24/virtual/RAP24-163_Levkovskaya_WEB_Final.pdf (accessed: 11.07.2025).

8. Левковская Г.М., Шамаль Н.В., Тарасевич В.Ф. и др. СЭМ-характеристика «кладбищ» тератоморфных пыльцевых зерен, сформировавшихся в условиях высочайшего радиационного загрязнения вблизи Чернобыльской АЭС // X Междунар. конф. молодых ученых: биоинформатиков, биотехнологов, биофизиков, вирусологов и молекулярных биологов. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. С. 362–366. URL: <https://doi.org/10.25205/978-5-4437-1526-1-192> (дата обращения: 11.07.2025).