**В.В. Алексейцева**
**С.В. Жилич**
**М.В. Уткин**

https://doi.org/10.52967/3007-6528.2023.2.81.84

**Валентина Владимировна Алексейцева**[1], v.alekseitseva@g.nsu.ru,
**Снежана Викторовна Жилич**[1], snezhy@yandex.ru,
**Михаил Владимирович Уткин**[1], fftrrls@gmail.com
[1]Институт археологии и этнографии СО РАН,
г. Новосибирск, Россия

# Фитолитный анализ как метод изучения археологических памятников: методические вопросы*

Работа посвящена методологическим вопросам проведения фитолитного анализа и применения его для археологических объектов. Фитолитный анализ представляет интерес и имеет большие перспективы использования для археологии, однако некоторые аспекты его применения на настоящий момент остаются дискуссионными. В частности, существуют различные методики пробоподготовки, обладающие разной степенью эффективности в зависимости от типа вмещающих отложений. Нами были апробированы различные методы химической обработки образцов, отобранных на археологическом памятнике из лессовых отложений, с целью выяснить, какая из них является наиболее эффективной. Наибольшую эффективность показал метод с использованием муфельной печи для избавления образца от органики, что позволило усовершенствовать процесс пробоподготовки образцов для фитолитного анализа.

**Ключевые слова:** археология, палеоэкология, фитолитный анализ, методика

**Валентина Владимировна Алексейцева**[1],
**Снежана Викторовна Жилич**[1],
**Михаил Владимирович Уткин**[1]
[1] РҒА СБ Археология және этнография институты,
Новосибирск қ., Ресей

**Фитолиттік талдау археологиялық ескерткіштерді зерттеу әдісі ретінде: әдістемелік мәселелер**

Зерттеу жұмысы фитолиттік талдау жүргізудің әдістемелік мәселелері мен бұл әдістің археологиялық нысандарда қолданылуына арналды. Фитолиттік талдауды археология үшін қолданудың үлкен болашағы бар және қызықты, алайда қазіргі уақытта оны қолданудың кейбір аспектілері пікірталастар тудыруда. Археологиялық ескерткіштен алынған сары топырақ шөгінділерінің үлгілеріне қайсы әдіс тиімді екенін анықтау мақсатында әртүрлі химиялық өңдеу әдістері қолданылды. Үлгіні органикадан ажырату үшін муфельді пешті қолдану әдісі біршама тиімді екені анықталып, өз кезегінде фитолиттік талдау үшін үлгілерді дайындау процесін жетілдіруге мүмкіндік берді.

**Түйін сөздер**: археология, палеоэкология, фитолиттік талдау, әдістеме

*© 2023 г. Алексейцева В.В., Жилич С.В., Уткин М.В.*
**Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект №23-28-01347*

**Valentina Alekseitseva**[1],
**Snezhana Zhilich**[1],
**Mikhail Utkin**[1]
[1]Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS,
Novosibirsk, Russia.

**Phytolithic analysis as a method for studying archaeological sites: methodological issues**

The paper is devoted to methodological issues of phytolithic analysis and its application to archaeological objects. Phytolithic analysis is of interest and has great prospects for archaeology, however, some aspects of its application remain debatable at the moment. In particular, there are different methods of sample preparation, which have different degrees of efficiency depending on the type of enclosing deposits. We have tested various methods of chemical preparation of samples taken at an archaeological site from loess deposits in order to find out which of them is the most effective. The method using a muffle furnace to rid the sample of organics showed the greatest efficiency, which made it possible to improve the process of sample preparation for phytolith analysis.

**Keywords**: archaeology, paleoecology, phytolith analysis, methodic

Фитолитный анализ – один из перспективных палеоботанических методов, применяемых в археологии для реконструкции древней растительности и построения палеоклиматических реконструкций [Piperno 2006]. Наравне с палинологическим он может предоставлять ценную информацию о природных обстановках прошлых эпох.

Анализ основан на свойстве некоторых растений, преимущественно однодольных, накапливать в своей структуре кремневые частицы, вероятно, выполняющие роль скелета растения [Kumar et al. 2017]. После гибели растения кремний, накопившийся в нем за период его жизни, осаждается в почве, откуда впоследствии может быть извлечен. Фитолиты обладают специфическими формами, благодаря чему могут быть точно диагностированы [Основы фитолитного анализа 2013].

Фитолитный анализ является методом, комплементарным палинологическому анализу. В то время как палинологический метод позволяет определять палиноморфы до таксономического ранга семейства растения, что дает возможность для построения климатических реконструкций, фитолитный анализ дает ценные сведения о существовании определенных фитоценозов в изучаемый период времени, а также их сменах. Фитолитный анализ, однако, имеет ряд преимуществ перед палинологическим. Одним из них является возможность диагностики форм, ассоциированных с культурными злаками, вплоть до вида, с применением метода геометрической морфометрии [Ball et al. 1996], в то время как для палинологического анализа доступно определение злаковых до таксономического уровня семейства, без возможности разделения на культурные и дикорастущие злаки. Диагностика культурных злаков имеет высокую значимость для археологии, поскольку позволяет решать такие вопросы, как, например, доместикация растений человеком, ведение сельского хозяйства, особенности диеты человека [Strömberg et al. 2018]. Таким образом, перспективными для фитолитного анализа являются археологические объекты, потенциально содержащие остатки культурных злаков: заполнения сосудов, фрагменты челюсти, зернотерки и другие.

Помимо этого, еще одним преимуществом, имеющим ключевую значимость для археологических исследований, является хорошая сохранность фитолитов в тех типах отложений, которые зачастую оказываются стерильны в палинологическом плане [Yost et al. 2018]. В частности, множество археологических памятников залегает в лессовых отложениях, которые, благодаря особенностям процесса формирования, практически не накапливают пыльцевые зерна и в то же время являются типом отложений, наиболее благоприятным для проведения фитолитного анализа. Благодаря этому свойству фитолитный анализ обладает большим потенциалом для палеоэкологического изучения археологических памятников в тех обстановках, где палинологический анализ оказывается неэффективным.

При этом было замечено, что в литературных источниках методы пробоподготовки могут значитель-

но варьировать в зависимости от изучаемых объектов (природные, археологические и т.д.), а также типа вмещающих отложений. Пробоподготовка образцов на палинологический анализ также требует различного подхода для разных типов отложений. В связи с этим на базе лаборатории естественнонаучных исследований в археологии «PaleoData» ИАЭТ СО РАН нами были экспериментально проверены различные методические подходы к пробоподготовке образцов из лессовых отложений на фитолитный анализ.

Использованная методика базировалась на методике пробоподготовки, разработанной в Оксфордском университете (Великобритания). Пробоподготовка выполнялась для образцов, отобранных на археологическом памятнике, залегающем в лессовых отложениях. Для выявления наиболее оптимального способа пробоподготовки образцы были разделены на три контрольные группы. Первые несколько этапов были одинаковы для всех трех групп, эти этапы включали:

1) Взвешивание. Масса каждого образца до разделения его на три части составила 40-50 грамм сухого осадка;

2) Обработка 10%-м раствором соляной кислоты HCl. Образцы были залиты 50–150 мл 10%-го раствора HCl (в зависимости от степени реакции), нагревались на водяной бане при температуре 90º на протяжении 2 часов для очищения образца от карбонатов;

3) Обработка 5%-м раствором $(NaPo_3)_6$. Образцы залили 250 мл раствора, поместили в ультразвуковую ванную на 3 часа с нагреванием до 50º для удаления легкой глинистой фракции;

4) Ситование на сите размерностью 200 мкм для удаления крупных песчинок;

5) Отстаивали образцы 3–4 часа, затем декантировали раствор, просушили образцы в сушильном шкафу при 80º до полного избавления от влаги.

Первая контрольная группа образцов была далее подвергнута обработке перекисью водорода для избавления от органической составляющей. Этапы обработки включали:

1) Добавление перекиси водорода $H_2O_2$ и нагревание на водяной бане до 90º градусов до момента, когда раствор приобретет светлый оттенок;

2) Сепарирование в тяжелой жидкости плотностью 2,35 г/см$^3$. Нами использовалась тяжелая жидкость ГПС-В (концентрированный водный раствор гетерополиоксовольфрамата натрия). Образцы залили около 30 мл (приблизительное соотношение осадка к тяжелой жидкости 1:3) тяжелой жидкости, центрифугировали 5 минут, декантировали раствор, добавили дистиллированную воду в соотношении 2,5:1 и центрифугировали в течение 10 минут, повторили весь этап два раза.

Для второй контрольной группы этап с использованием перекиси водорода был заменен на нагревание образцов в муфельной печи, аналогично процессу сухого озоления растения. Этапы включали в себя:

1) Нагревание в муфельной печи до 550º в течение 4 часов;

2) Этап с использованием тяжелой жидкости, аналогичный вышеописанному.

На третьей контрольной группе проверялась гипотеза об отсутствии необходимости в этих этапах, исходя из предположения о том, что лессовые отложения не содержат значимого количества органики. Этап с использованием перекиси водорода или муфельной печи был пропущен, образцы сразу были сепарированы в тяжелой жидкости.

Наибольшую эффективность показал метод нагревания образцов в муфельной печи до 550º для сжигания органического компонента. Перекись водорода для образцов из лессовых отложений показала низкую эффективность в связи со слишком большим расходом химиката и слишком большой продолжительностью обработки (более 2 дней) для достижения видимого результата. Гипотеза об отсутствии необходимости этапа избавления от органики не подтвердилась, так как образцы из третьей контрольной группы показали высокую степень загрязненности.

Таким образом, наличие в образцах статистически значимого количества фитолитов позволило сделать выводы о том, что лессовые отложения являются достаточно благоприятными для фитолитного анализа, что имеет особо высокое значение в связи с низкой их репрезентативностью для палинологического анализа, а также была дополнена методика работы с данным типом отложений, что значительно оптимизировало процесс пробоподготовки с точки зрения затраченного времени и расхода химикатов. Дальнейшее изучение археологических памятников, залегающих в разных типах отложений, позволит выявить наиболее эффективные методики пробоподготовки на фитолитный анализ и проведения анализа, подходящие для специфики работы с подобного рода объектами.

***ЛИТЕРАТУРА***

*Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Силантьева М.М. , Гальцова Т.В.* Основы фитолитного анализа: учебн. пособие. Барнаул: Изд-во Алт. унта, 2013. 76 с.

*Ball T., Gardner J.S., Brotherson J.D.* Identifying Phytoliths Produced by the Inflorescence Bracts of Three Species of Wheat (Triticum monococcum L., T. dicoccon Schrank., and T. aestivum L.) Using Computer-Assisted Image and Statistical Analyses // JAS. 1996. Vol. 23. Pp. 619–632.

*Kumar S., Milstein Y., Brami Y., Elbaum M., Elbaum R.* Mechanism of silica deposition in sorghum silica cells // New Phytologist. 2017. Vol. 213. Pp. 791–798.

*Piperno D.R.* Phytoliths: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists. AltaMira Press. 2006. 238 p.

*Strömberg C.A.E., Dunn R.E., Crifò C., Harris E.* Phytoliths in Paleoecology: Analytical Considerations, Current Use, and Future Directions // Croft, D., Su, D., Simpson, S. (eds). Methods in Paleoecology. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology. Springer, Cham. 2018. Pp. 235-287. DOI: 10.1007/978-3-319-94265-0_12

*Yost Ch. L, Jackson L.J., Stone J.R., Cohen A.S.* Subdecadal phytolith and charcoal records from Lake Malawi, East Africa imply minimal effects on human evolution from the ~74 ka Toba supereruption // Journal of Human Evolution. 2018. Vol. 116. Pp. 75–94. DOI: 10.1016/j.jhevol.2017.11.005

***REFERENCES***

Speranskaya, N. Y., Solomonova, M. Y., Silantyeva, M. M., Galtsova, T. V. 2013. *Osnovy fitolitnogo analiza: uchebnoe posobie (Basics of Phytolith Analysis: Textbook)*. Barnaul: Altai State University (in Russian).

Ball, T., Gardner, J. S., Brotherson, J. D. 1996. In: *Journal of Archaeological Science*, 23, 619–632 (in English).

Kumar, S., Milstein, Y., Brami, Y., Elbaum, M., Elbaum, R. 2017. In: *New Phytologist*, 213, 791–798 (in English).

Piperno, D. R. 2006. *Phytoliths: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. New York, Toronto, Oxford: AltaMira Press (in English).

Strömberg, C. A. E., Dunn, R. E., Crifò, C., Harris, E. In: Croft, D., Su, D., Simpson, S. (eds.). 2018. *Methods in Paleoecology. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology. Springer, Cham*, 235-287 (in English).

Yost, C. L, Jackson, L. J., Stone, J. R., Cohen, A. S. 2018. In: *Journal of Human Evolution*, 116, 75–94 (in English).

Мүдделер қақтығысы туралы ақпаратты ашу. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді. / Раскрытие информации о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / Disclosure of conflict of interest information. The authors claim no conflict of interest.
Мақала туралы ақпарат / Информация о статье / Information about the article.
Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 01.04.2023.
Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted for publication: 01.05.2023.
Авторлар жұмысқа бірдей үлес қосты. / Авторы внесли равноценный вклад в работу. / The authors have made an equal contribution to the work.