

УДК 581(571.150)

Диагностическая роль морфометрических параметров трапециевидных коротких частиц в фитолитном анализе степных сообществ Кулунды*

*М.М. Силантьева¹, А.А. Митус¹,
М.Ю. Соломонова¹, Н.Ю. Сперанская¹*

¹ Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

The Diagnostic Role of Short Trapezoidal Cells Morphometric Parameters in the Phytolith Analysis of Kulunda Steppe Communities

*M.M. Silantyeva¹, A.A. Mitus¹,
M.Ju. Solomonova¹, N.Ju. Speranskaja¹*

¹ Altai State University (Barnaul, Russia)

При реконструкции растительного покрова при археологических работах методом фитолитного анализа соотношение определенных морфотипов фитолитов характеризует различные фитоценозы. Короткие трапециевидные частицы являются одним из индикаторов степных сообществ и характерны большей частью для ксерофитных злаков. Однако данные формы встречаются и у мезофильных злаков. Поэтому необходимы дополнительные сведения о диагностической роли этих частиц. На основе почвенных проб, взятых с участка настоящей полынно-типчаковой сильно деградированной степи, расположенной в окрестностях с. Полуямки Михайловского района Алтайского края, приведены морфометрические измерения (длина, высота и их соотношение) коротких трапециевидных морфотипов фитолитов. Проведена статистическая обработка данных. Изменение размеров фитолитов сопоставлено с данными о встречаемости этого морфотипа в фитолитных спектрах почвенных профилей исследуемого участка. В результате исследования выявлены диагностические (морфометрические) признаки, характеризующие разную степень мезофильности фитоценозов. Наибольшей диагностической значимостью у коротких трапециевидных частиц злаков обладает соотношение длины и ширины.

Ключевые слова: фитолиты, фитолитный анализ, короткие трапециевидные частицы, реконструкция растительности.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.2-14

Введение. Одним из современных методов реконструкции растительного покрова, используемых в археологических работах, является фитолитный

During the reconstruction of vegetation within the archaeological work made by phytolith analysis method certain ratio of the phytolith morphotypes characterizes different plant communities. Short trapezoidal particles are one of the indicators of steppe communities and are specific mostly for the xerophyte graminoids. But these forms are also found in mesophyte grasses. That's why additional diagnostic information about the role of these particles is needed. Morphometric measurements (length, height, and their ratio) of short trapezoidal morphotypes phytoliths were investigated based on the soil samples taken from the site of real wormwood-fescue strongly degraded steppe, located near the village Poluyamki Mikhailovsky district. The statistical analysis of the data has been carried out. Resizing phytoliths were compared with the data on the occurrence of morphotypes in phytoliths spectra of soil profiles on the investigated area. The study revealed diagnostic (morphometric) features that characterize different degrees of the phytocenoses mesophily. The highest diagnostic value in short trapezoidal graminoid particles are correlation between length and width.

Key words: phytoliths, analysis of phytoliths, trapezoidal cell form, reconstruction of vegetation.

анализ, объекты исследования которого — фитолиты (специфические кремневые частицы определенной формы). Они формируются в клетках растения

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №13-04-98075 p_сибирь_a.

и позволяют идентифицировать его спустя длительное время. Практически любые признаки и свойства фитолитов несут определенную информационную нагрузку. Однако диагностическая роль отдельных морфотипов до конца не выяснена, нет единой системы подходов и классификаций, которые можно использовать для палеореконструкций.

Фитолитный анализ является одним из ключей к пониманию тенденций развития растительных сообществ. В пределах степи и лесостепи важнейшую роль при реконструкции фитоценозов играют фитолиты злаков. Одним из морфотипов, которые, по мнению ряда исследователей, характеризуют фитолитные спектры степных фитоценозов, являются трапециевидные короткие частицы [1]. Эти формы образуются у представителей подсемейства *Pooideae* (*Stipa*, *Festuca*, *Poa* и т.д.) [2]. Для тропических зон увеличение трапециевидных коротких частиц в палеопочвенных фитолитных спектрах связывают с периодами похолодания климата, что отражено в разработанных Бремондом климатических индексах. Индекс *Ic* является отношением фитолитов, производимых в подсемействе *Pooideae*, к сумме фитолитов, производимых в подсемействах *Pooideae*, *Chloridoideae* и *Panicoideae*. Работами ряда исследователей (в том числе Твисса [2]) показано, что это соотношение приближено к соотношению более холодовыносливых злаков с С3-путем фотосинтеза к теплолюбивым злакам с С4-путем [3].

Особо отметим, что для умеренных широт характерно высокое преобладание С3-растений, поэтому использование климатических индексов при интерпретации палеоданных фитолитного анализа будет недостоверным. Для этих территорий более приспособлен экологический подход А.А. Гольевой [4], выработанный при изучении фитолитных спектров различных фитоценозов и исследовании фитолитов почв и растений европейской территории России.

Короткие трапециевидные частицы, по классификации А.А. Гольевой, относятся к группе «седловидных», т.е. коротких конусовидных частиц с вогнутой или ровной поверхностью. В степи пре-

обладание «седловидных» форм, которые являются одним из идентификаторов степных экосистем, связано с увеличением ксерофитизации сообществ [4].

Однако злаки, производящие подобные формы, встречаются и в луговых фитоценозах (например, *Stipa pennata*), что вызывает сложности в интерпретации результатов. Поэтому недостаточно количественных данных об этих формах в фитолитных спектрах, и существует проблема установления дополнительных критериев для индикационного значения коротких трапециевидных частиц при реконструкции растительности.

Цель настоящего исследования — выявление диагностической роли морфометрических признаков коротких трапециевидных частиц фитолитов в почвенных профилях степных экосистем.

Материалы и методы. Материалом послужили образцы почвы, взятые из почвенного профиля на участке настоящей полынно-типчаковой, сильно деградированной степи в окрестностях с. Полуямки Михайловского района Алтайского края. От 0 до 20 см почвенного профиля образцы были взяты с интервалом 2 см, от 20 до 45 см — с интервалом 5 см.

Обработка материала производилась по методике А.А. Гольевой [4]. Изучение проб велось с помощью светового микроскопа Olympus VX-51 (10×20) на базе лаборатории мониторинга геосферно-биосферных процессов Алтайского государственного университета (Барнаул). Фотографирование и измерение фитолитов производилось в программе CellSens Standart. Статистическая обработка данных велась в Microsoft Excel 2010, а построение графиков изменений морфометрических параметров выполнялось на языке статистических расчетов R.

Выполнен фитолитный анализ почвенного профиля, измерены длина и высота коротких трапециевидных частиц (рис. 1, А). Для характеристики форм фитолитов использован показатель отношения длины к высоте частиц. Для статистического представления результатов выбраны следующие непараметрические показатели: медиана, интервал нестандартного распределения, минимум, максимум.

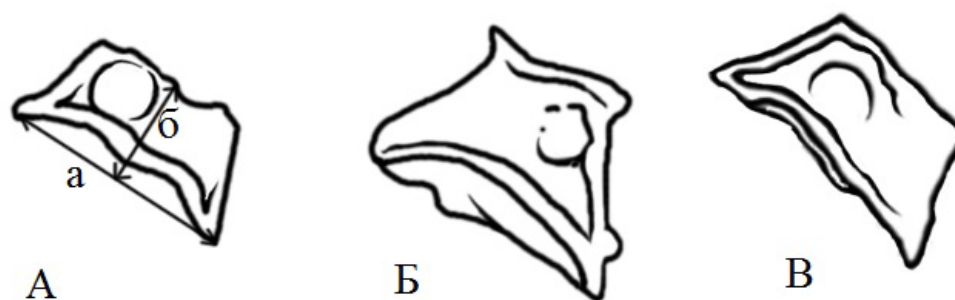


Рис. 1. Измеряемые параметры короткой трапециевидной частицы (А): а — длина; б — высота.

Изменение степени вытянутости коротких трапециевидных частиц: менее вытянутая трапециевидная частица (Б) и более вытянутая трапециевидная частица (В)

Результаты исследования. Фитолиты в анализируемом почвенном профиле встречаются до глубины 45 см, максимальное их количество отмечено в слое 2–25 см. В верхнем слое почвенного профиля (0–2 см) фитолитов очень мало (рис. 2). До глубины 20 см не наблюдается четко выраженной динамики форм. Доминирующей формой фитолитов являются трапециевидные короткие частицы. Начиная со слоя 20–25 см их количество постепен-

но снижается. Также небольшое уменьшение количества этих фитолитов наблюдается на глубине 12–14 см. Схожую динамику имеют усеченные конусовидные частицы. Количество волнистых трапеций снижается сверху вниз по профилю за исключением увеличения их числа на глубине 12–14 см. Количество округлых коротких частиц более или менее стабильно по профилю и сокращается начиная с глубины 30 см.

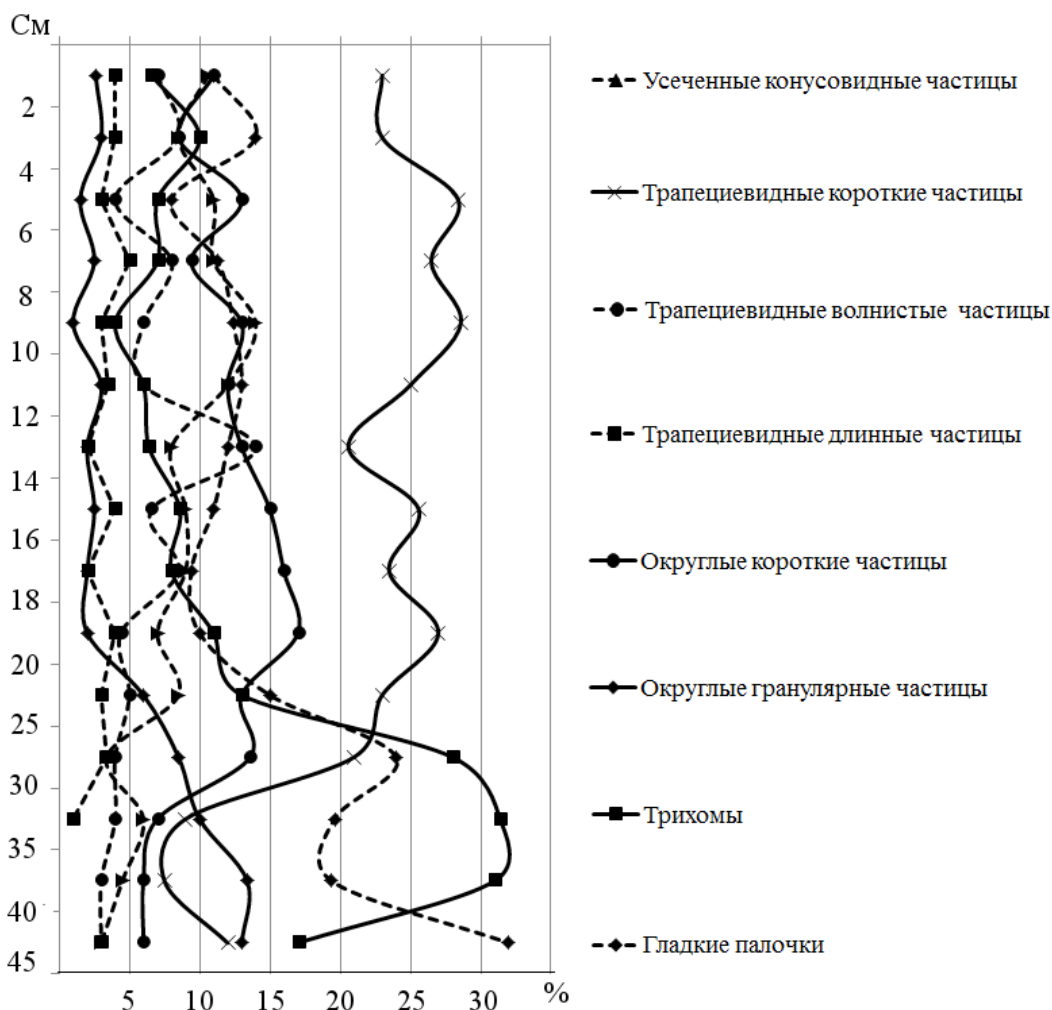


Рис. 2. Распределение диагностических форм фитолитов по профилю [5]

Таким образом, на исследуемом участке настоящей полынно-типчаковой степи, используемой под пастбище, до глубины 25 см фитолитные спектры соответствуют степному сообществу, а на глубине 30–45 см — луговому, о чем свидетельствует резко возросшая роль трихом и гладких палочек.

При изучении морфометрических параметров трапециевидных коротких частиц в каждом слое почвенного профиля получены следующие результаты. Значения медиан выборок длин коротких трапециевидных частиц для исследуемого участка лежат в пределах от 10 до 15 мкм (рис. 3, А). С увеличением

глубины явной закономерности в изменении длины частиц не наблюдается.

В верхних частях фитолитного спектра почвенного профиля также не отмечено какой-либо закономерности в изменении высоты частиц (рис. 3, Б), но в спектрах с 16 до 30 см видно ее постепенное увеличение. С глубиной от 30 до 45 см имеются значения, выпадающие из общего ряда. Однако объем выборки в данных спектрах не достаточен для анализа. В целом высота коротких трапециевидных частиц в фитолитном профиле варьирует от 2 до 10 мкм.

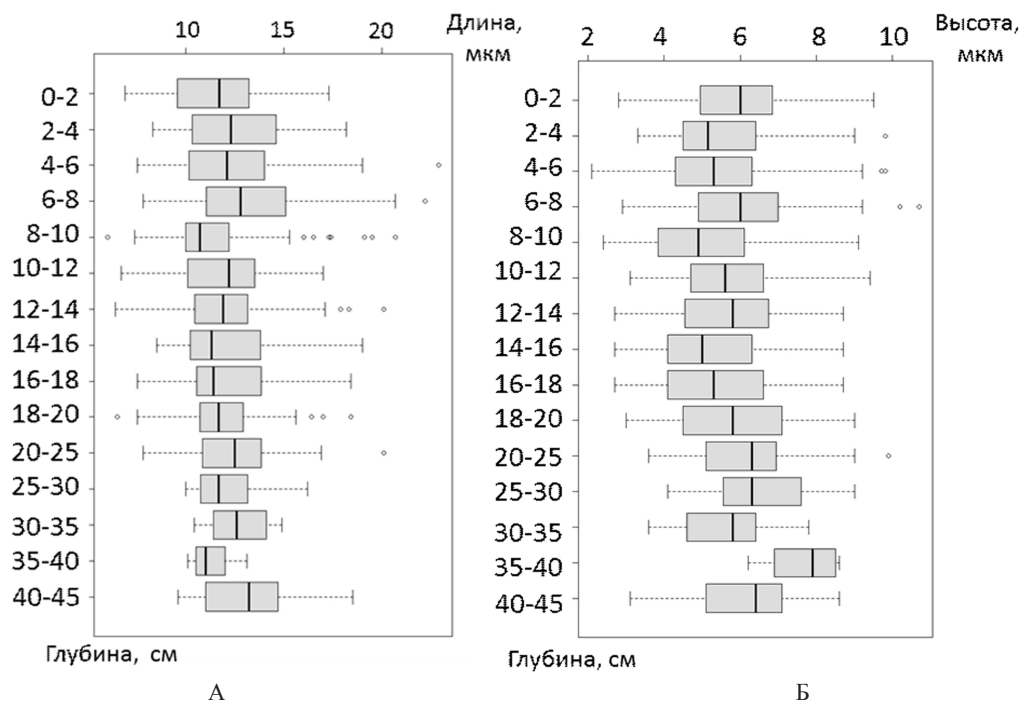


Рис. 3. Изменение длины коротких трапециевидных частиц по фитолитному профилю (А) и высот коротких трапециевидных частиц по фитолитному профилю (Б)

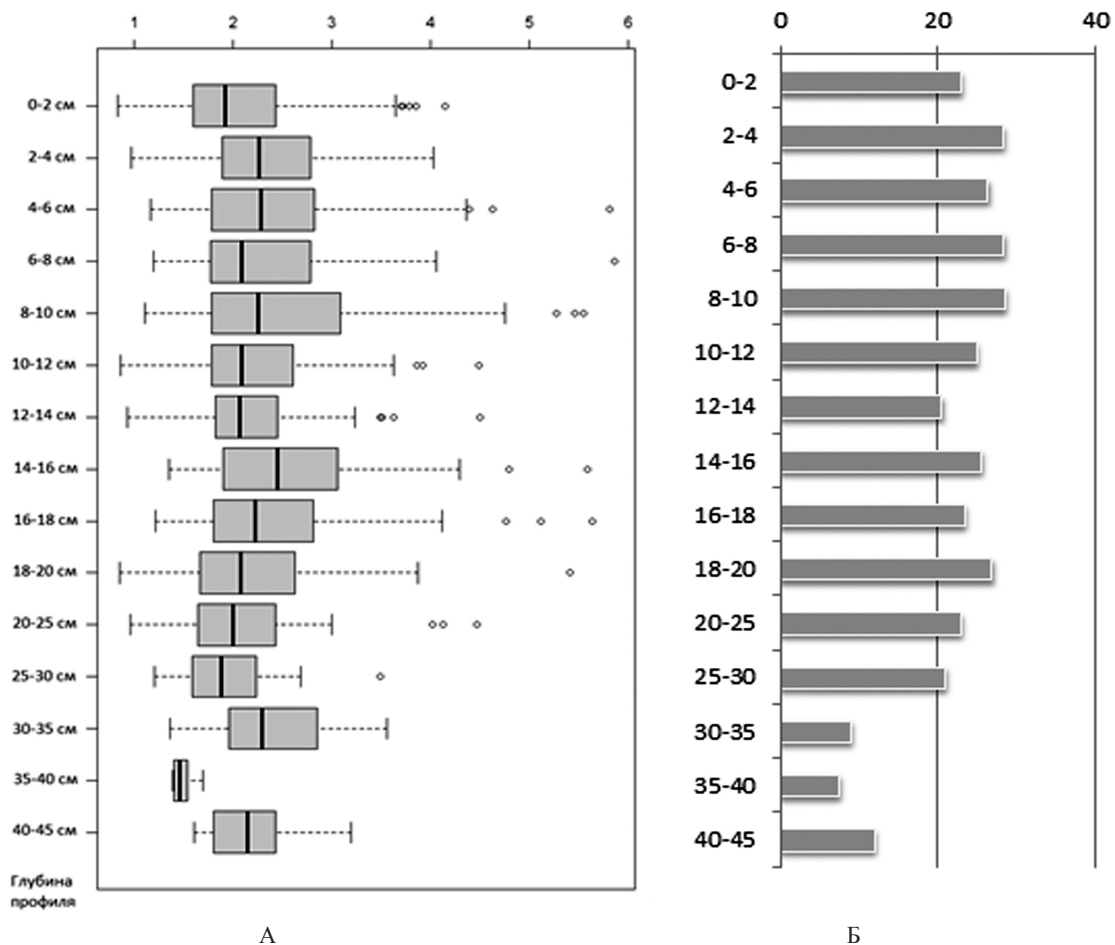


Рис. 4. Отношение длины коротких трапециевидных частиц к ширине (А) и доля коротких трапециевидных частиц в фитолитном профиле (Б)

Использование промеров длины и высоты различных фитолитных частиц довольно редко привлекается для выявления диагностической роли частиц [6], но более информативным, на наш взгляд, является не абсолютная величина, а соотношение этих промеров. Как видно на графике (рис. 4, А), с глубин от 14 до 30 см прослеживается точная тенденция уменьшения соотношения длины к высоте частицы за счет увеличения ее высоты. Таким образом, на этом участке при увеличении глубины фитолиты изменяют свою форму, которая становится менее вытянутой в основании (см. рис. 1, Б).

Все три вышеперечисленных параметра соотносены с количеством (%) коротких трапециевидных частиц на различной глубине в фитолитном профиле. Наиболее информативными оказались результаты сравнения отношения длины к высоте трапеции с долей коротких трапециевидных частиц в профиле.

Сопоставление графиков (см. рис. 4, А, Б) показывает, что в большинстве случаев с увеличением количества трапециевидных частиц увеличивается и вытянутость форм.

Выводы. Проведенные исследования подтвердили положение о том, что в фитолитном анализе трапециевидные короткие частицы играют важную роль при диагностике степных фитоценозов — верхняя часть фитолитного спектра изученного пастбища характерна для настоящей полынно-типчаковой степи.

Установлено, что наибольшей информативной значимостью обладает соотношение высоты и длины изученных частиц. Признаком мезофитизации фитоценозов может служить изменение степени вытянутости трапециевидных коротких частиц преимущественно за счет изменения высоты. Чем больше средняя величина этого параметра, тем более мезофитное сообщество он отражает, и наоборот.

Библиографический список

1. Madella M., Alexandre A., Ball T. International Code for Phytolith Nomenclature. ICPN Working Group // *Annals of Botany*. — 2005. — Vol. 96.
2. Twiss P.C. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths // *Phytoliths systematics: emerging issues. Advance Archaeological Museum Science* / eds. G.R. Rapp, S.C. Mulholland. — Vol. 1. — N.Y., 1992.
3. Bremond L., Alexandre A., Wooller M.J. et al. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains // *Global and Planetary Change*. — 2008. — Vol. 61.
4. Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. — М. ; Сыктывкар ; Элиста, 2001.
5. Силантьева М.М., Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю. Реконструкция эволюции растительного покрова степного фитоценоза Кулунды // *Вестник алтайской науки*. — 2014. — №1.
6. Lisztes-Szabó Z., Kovács S., Pető Á. Phytolith analysis of *Poa pratensis* (*Poaceae*) leaves // *Turkish Journal of Botany*. — 2014. — №38.