

УДК 561(571.150)

ФИТОЛИТЫ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЗЛАКОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП И ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ

Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Харитонова Е.Ю.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул

speranskaj@mail.ru

В статье описываются фитолиты различных злаков Алтайского края. Фитолиты извлекались методом сухого озоления, проведен подсчет форм фитолитов с использованием светового микроскопа. Для каждого вида описан фитолитный состав, приведена встречаемость отдельных морфотипов в процентах. Всего было проанализировано 17 видов злаков. Выделено 20 форм фитолитов. Проведен анализ встречаемости выделенных морфотипов у злаков. Проведенные исследования показали систематическую специфику некоторых групп фитолитов (трапеции различной формы, двулопастные частицы). Также описана зависимость некоторых форм фитолитов от экологических особенностей злаков и их жизненных форм.

Ключевые слова: *фитолиты, фитолитный анализ, злаки, экологические группы, палеоэкология.*

Цитирование: Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Харитонова Е.Ю. 2016. Фитолиты некоторых видов злаков Алтайского края разных экологических групп и жизненных форм // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1 (13). С. 155-162.

ВВЕДЕНИЕ

Фитолиты злаков очень разнообразны, их строение зависит от типа тканей и клеток в которых они образуются, систематической принадлежности видов злаков, экологических условий в которых растение произрастает.

Наибольшее количество фитолитов у злаков формируется в эпидермисе. Эпидермис злаков имеет уникальное строение. Его основные клетки длинные и вытянутые [Лотова, 2001], в них формируются фитолиты, которые мы называем длинными частицы (рис. 1). В русскоязычной литературе эти формы фитолитов часто называются «палочками» [Гольева, 2001]. Длинные частицы имеют края различного строения: ровные, зубчатые, дендрические, волнистые, могут быть перфорированными [Сперанская и др., 2013]. По полюсам длинных клеток в эпидермисе злаков формируются короткие клетки специфичной формы [Лотова, 2001] (лопастные, трапециевидные, конусовидные, седловидные и т.д.). Формируемые в них фитолиты мы относим к коротким частицам или другим формам (например, трапециевидные полилопастные частицы).

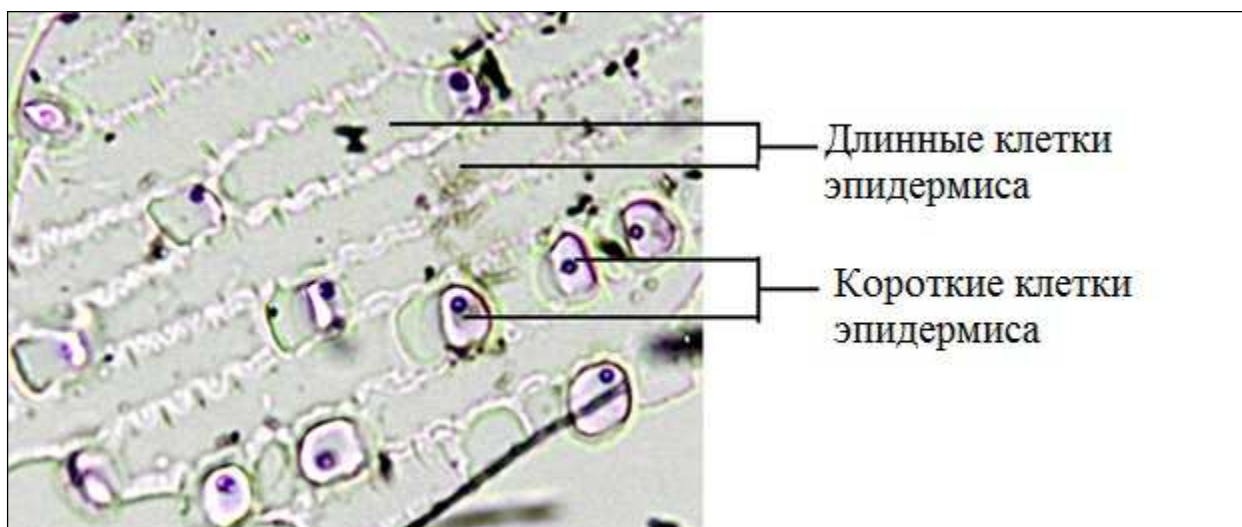


Рис. 1. Эпидермальный кремниевый слепок

Волоски опушения, или как их часто называют в англоязычной литературе «трихомы» у злаков одноклеточны [Лотова, 2001]. В процессе окремнения клетка волоска заполняется почти полностью формируя фитолиты, называемые в научной литературе трихомами [Madella et al., 2005].

Устьица в эпидермисе злаков расположены тетраэдрично, т. е. каждая устьичная щель окружена четырьмя клетками, две из которых находятся по бокам и расположены параллельно, и две на противоположных концах [Лотова, 2001] и могут также подвергаться окремнению.

Еще одними специфическими окремнивающими клетками у злаков являются веерообразные, которые помогают их листьям изменять форму (веерообразные). У некоторых видов они формируют фитолиты, названные в русскоязычной литературе «веерообразными частицами», а в англоязычной fan-shaped или Bulliform [Madella et al., 2005].

Систематическая специфичность у фитолитов злаков выявлена еще на ранних стадиях фитолитных исследований [Ehrenberg, 1947; Smithson, 1958]. Фитолиты злаков обладают диагностической ролью на уровне подсемейств, а также триб и родов [Twiss et al., 1969; Twiss, 1992; Lu, Liu, 2003b].

Среди фитолитов подсемейства *Pooideae* доминируют трапециевидные короткие частицы, усеченные конусовидные частицы, полилопастные трапециевидные частицы, волнистые пластинки и волнистые трапециевидные частицы [Bremond et al., 2008; Сперанская и др., 2013; Сперанская и др., 2014]. У подсемейства *Panicoideae* доминируют двулопастные короткие частицы, крестообразные частицы [Lu, Liu, 2003b, Сперанская и др., 2014]. Диагностическим морфотипом подсемейства *Chloridoideae* являются седловидные короткие частицы [Twiss et al., 1969; Lu, Liu, 2003a]. У представителей подсемейства *Arundinoideae* доминируют седловидные короткие частицы, у некоторых видов части встречаются двулопастные короткие частицы и усеченные конусовидные частицы, отличающиеся по форме от таковых у других подсемейств [Lu, Liu, 2003a; Piperno, 2006]. У подсемейства *Oryzoideae* доминируют двулопастные короткие частицы, встречаются усеченные конусовидные частицы [Lu, Liu, 2003a; Yost et al., 2013].

Наиболее подробно исследованы фитолиты культурных злаков, но и для некоторых дикорастущих родов и видов встречаются описания кремниевых частиц. Подробно описаны фитолиты как дикорастущих, так и культурных видов *Panicum*: двулопастные короткие частицы и крестообразные короткие частицы [Lu, Liu, 2003a; Lu, Liu, 2003b; Гальцова, Сперанская, 2013]. Описаны фитолиты рода *Festuca* – трапециевидные короткие частицы, усеченные конусовидные частицы, реже встречаются трапециевидные волнистые частицы и волнистые пластинки, для некоторых видов указаны трихомы [Volkova et al., 1995; Carnelli et al., 2004; Blinnikov, 2005; Fernandes Nonaine et al., 2006]. Охарактеризованы фитолиты р. *Stipa*: трапециевидные короткие частицы, усеченные конусовидные частицы, особые формы двулопастных и седловидных коротких частиц, у некоторых видов трихомы [Fernandez et al., 2006; Сперанская и др., 2014]. Существуют публикации по видам р. *Poa*. У него встречаются трапециевидные короткие частицы, усеченные конусовидные частицы, трихомы и, редко, трапециевидные полилопастные и волнистые частицы [Torn, 2004; Олонова, Мезина, 2011]. Встречаются описания фитолитов р. *Bromus*, *Dactylis*, *Calamagrostis*, у которых фитолиты в форме трапециевидных полилопастных частиц, трапециевидных волнистых частиц, трихом [Fernandez et al., 2006; Carnelli et al., 2004]. Для рода *Koeleria* и *Agropyron* указаны в качестве диагностических фитолитов волнистые пластинки [Динесман, 1989; Blinnikov, 2005].

Экологическая и ценотическая специфичность фитолитов злаков частично связана с таксономической принадлежностью. В конце 20-го века было показано, что злаки с различными способами фотосинтеза производят различные морфотипы фитолитов [Twiss, 1992]. К злакам с C-3 фотосинтеза относится подсемейство *Pooideae*, остальные подсемейства имеют в основном C-4 путь фотосинтеза. C-3 злаки произрастают в более холодных климатических условиях, чем C-4. В свою очередь C-4 злаки делятся на две группы по отношению к увлажнению: виды засушливых местообитаний, виды местообитаний с достаточным увлажнением. На основе этих данных разработано ряд эколого-климатических индексов [Bremond, 2005; Bremond, 2008].

Основываясь на приуроченности отдельных фитолитов злаков к разным фитоценозам А.А. Гольева выделяет степные формы (все короткие частицы), луговые и лесные трихомы [Гольева, 2001]. Помимо трихом к луговым и лесным фитолитам для юга Западной Сибири относят полилопастные трапециевидные частицы [Сперанская и др., 2013].

Целью работы являлось изучение фитолитов злаков Алтайского края, относящихся к разным экологическим группам и имеющим разные жизненные формы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили гербарные образцы, собранные в конце вегетационного периода в разных районах Алтайского края сотрудниками кафедры ботаники Алтайского государственного университета. Для анализа были отобраны 17 видов злаков: *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv., *Agrostis gigantean* Roth, *Agrostis vinealis* Schreber, *Bromopsis inermis* (Leysser) Holub, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Elymus excelsus* Turcz. ex Griseb., *Elymus gmelinii* (Ledeb.) Tzvelev, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Festuca pratensis* Hudson, *Festuca pseudovina* Hackel ex Wiesb., *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Leymus angustus* (Trin.) Pilger, *Leymus dasystachys* (Trin.) Pilger, *Setaria viridis* (L.) Beauv., *Stipa capillata* L., *Stipa korshinskyi* Roshev., *Stipa pennata* L.. Все виды относятся к подсемейству *Pooideae*, *Setaria viridis* относится к подсемейству *Panicoideae*. Фитолиты выделяли методом сухого озоления. Высушенные растения измельчали, помещали в тигли и озолляли в муфельной печи в течение 15 часов при температуре 400° С. Полученную золу обрабатывали 20% соляной кислотой. Промывали пробы от кислоты на бумажных фильтрах дистиллированной водой. Далее на водяной бане выпаривали воду и получали сухой осадок. Выделенные фитолиты рассматривали, фотографировали и подсчитывали при помощи светового микроскопа Olympus BX-51 (10×20), цифровой камеры Olympus XC-50 и программы cellSens Standard. Выборка составляла 200 фитолитов в каждой пробе. Соотношение фитолитов представлено в процентах.

Экологические группы растений выделялись по топоэкологическому принципу [Силантьева, Елесова, 2014]. Эуксерофиты – растения засушливых местообитаний – степей (настоящих и опустыненных), южных склонов гор, антропогенно-измененных местообитаний (*Agropyron pectinatum*, *Leymus angustus*). Мезоксерофиты – растения засушливых местообитаний, временно могут переносить нормальное увлажнение, обитатели остепненных лугов и степей, залежей, опушек сосновых боров и др. местообитаний (*Calamagrostis epigeios*, *Stipa pennata*). Эумезофиты – растения умеренно увлажненных местообитаний – настоящих степей, лугов, мелколистных лесов, залежей (*Elytrigia repens*, *Setaria viridis*). Ксеромезофиты – растения достаточно увлажненных местообитаний, временно могут переносить недостаток увлажнения – растения остепненных лугов, луговых степей, лесных опушек (*Agrostis vinealis*, *Elymus excelsus*). Мезогигрофиты – растения достаточно и избыточно увлажненных местообитаний, временно могут существовать в условиях нормального увлажнения (*Agrostis gigantea*).

Жизненные формы даны по классификации Серебрякова И.Г. [Серебряков, 1962].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Производство разных морфотипов фитолитов по экологическим и систематическим группам злаков. Производство фитолитов в форме длинных частиц, палочек различной формы, у злаков проанализированы впервые для территории Алтайского края (табл. 1, рис. 2).

Больше всего ровных палочек было обнаружено у эуксерофитов. Экологическая специфика по отношению к фактору увлажнения производства перфорированных палочек у злаков не была отмечена. Асимметричных, волнистых и ребристых палочек мало.

Зубчатые палочки отмечены у разных по экологии видов (рис. 2, В). Больше всего у эумезофита и ксеромезофита, но и у мезоксерофитов и эуксирофитов их количество лишь немного меньше.

Таким образом, для изученных видов злаков характерны гладкие, перфорированные и зубчатые формы длинных частиц.

Трапециевидные короткие частицы могут доминировать у эуксерофитов и мезоксерофитов (табл. 1, рис. 3, А), но не у всех, т.к. это не единственная форма, которая производится у злаков этой экологической группы. Мало этих фитолитов у эумезофитов и ксеромезофитов.

Седловидные короткие частицы практически отсутствуют у изученных злаков Алтайского края (табл. 1). Значительное количество их встречается у вида *Stipa korshinskyi* (рис. 3, Б). Скорей всего, это вариант конусовидной формы (Rondel), а не то, что в классической англоязычной литературе понимают под формой «седло» [«saddle», Madella et al., 2005].

Усеченные конусовидные частицы в наибольшем количестве отмечены у *Stipa capillata* (табл. 1), у других видов ковылей их в 2 раза меньше, что было также отмечено ранее [Сперанская и др., 2014]. Много этих частиц почти у всех эуксерофитов, за исключением видов со специфическими формами (*Agropyron pectinatum*, *Koeleria cristata*). Часто встречаются в большом количестве у

ксеромезофитов и мезоксерофитов. Иногда обнаруживаются у эумезофитов, но в сочетании с другими формами, не характерными в большом количестве для эуксерофитов.

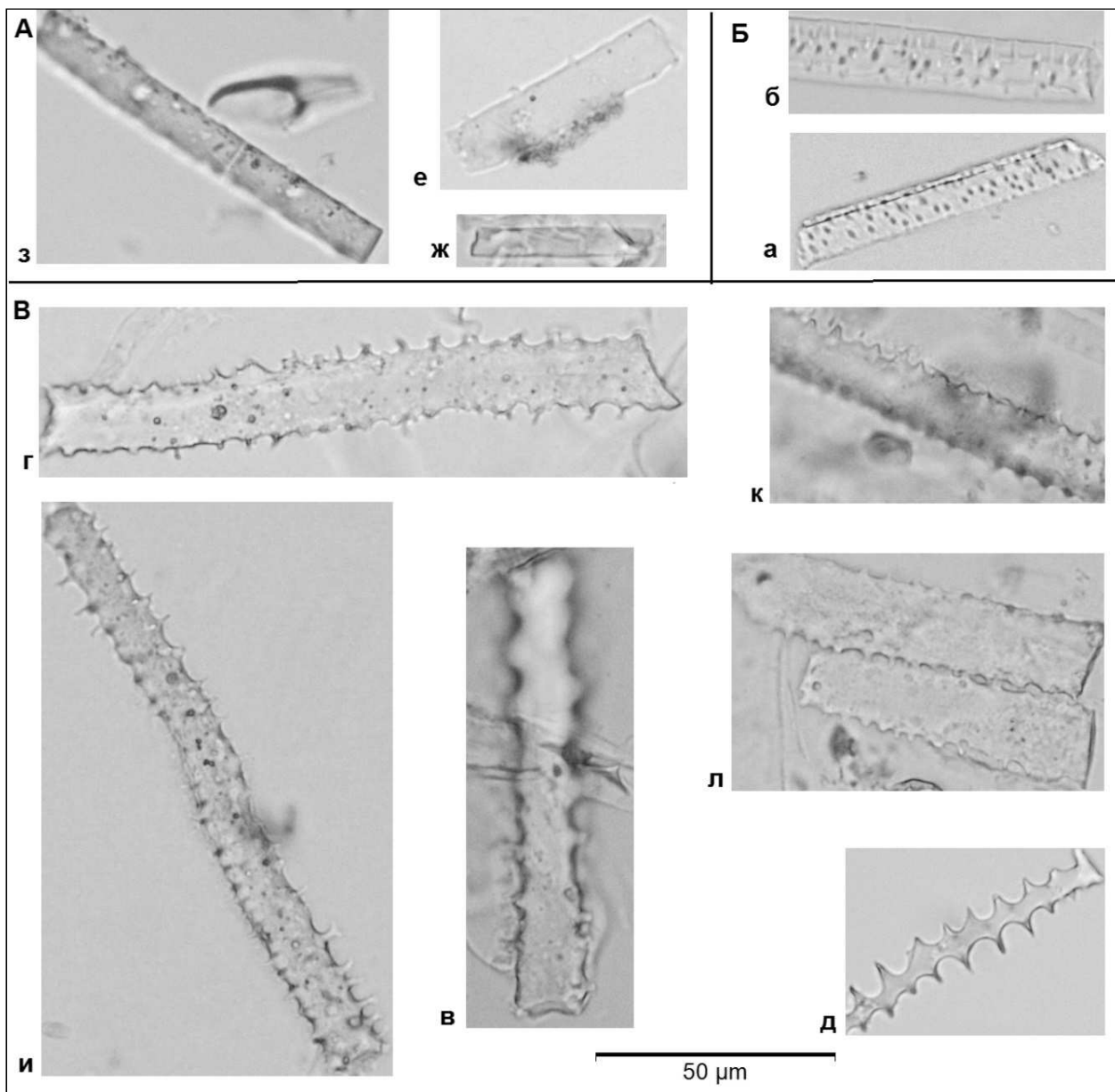


Рис. 2. Фитолиты из длинных эпидермальных клеток злаков. Условные обозначения: Морфотипы фитолитов: А – ровные палочки, Б – перфорированные палочки, В – зубчатые палочки. Виды злаков: а – *Agrostis gigantea*, б – *Calamagrostis epigeios*, в – *Elymus excelsus*, г – *Elymus gmelinii*, д – *Elytrigia repens*, е – *Festuca pratensis*, ж – *Festuca pseudovina*, з – *Leymus angustus*, и – *Leymus dasystachys*, к – *Stipa capillata*, л – *Stipa korshinskyi*.

Неусеченные конусовидные частицы, встречаются в небольшом количестве почти у всех видов, и скорее всего, не несут экологической специфики (рис. 3, Д).

Двулопастные короткие частицы (рис. 3, Е) были в большом количестве обнаружены у вида *Setaria viridis*, что является систематически обоснованным, так как вид относится к подсемейству *Panicoideae* [Twiss, 1992]. Стоит отметить, этот вид является эумезофитом, что подтверждает принадлежность лопастных форм фитолитов к лесным и луговым группам злаков [Сперанская и др., 2013]. Еще одним видом производящим такую форму в достаточном количестве является *Agrostis gigantea*, мезогигрофит. Но у этого вида, фитолиты этой формы отличаются от таковых у просовидных злаков тем, что имеют, как правило, трапециевидную боковую поверхность или уплощенные верхние стороны лопастей. Эта же форма была отмечена и у некоторых других представителей подсемейства *Pooideae*, но в небольшом количестве. Странно почти полное отсутствие фитолитов этой формы у ковылей, тогда как в других исследованиях она указана для

этого рода [Сперанская и др., 2014]. Таким образом, родовая специфичность двулопастных коротких частиц требует дополнительного изучения.

Крестообразные короткие частицы не были обнаружены ни у одного изученного вида, что является аргументом в пользу гипотезы использования эти частиц для индикации р. *Panicum* для территории Алтайского края [Сперанская и др., 2013].

Волнистые пластинки, как доминирующая форма отмечены у *Koeleria cristata*, что соответствует другим исследованиям [Кисилева, 1989; Blinnikov, 2005]. В целом эта форма в достаточном количестве наблюдается как у некоторых ксерофитов, так и некоторых мезофитов, но в сочетании с другими формами в отличии от видов сухих местообитаний.

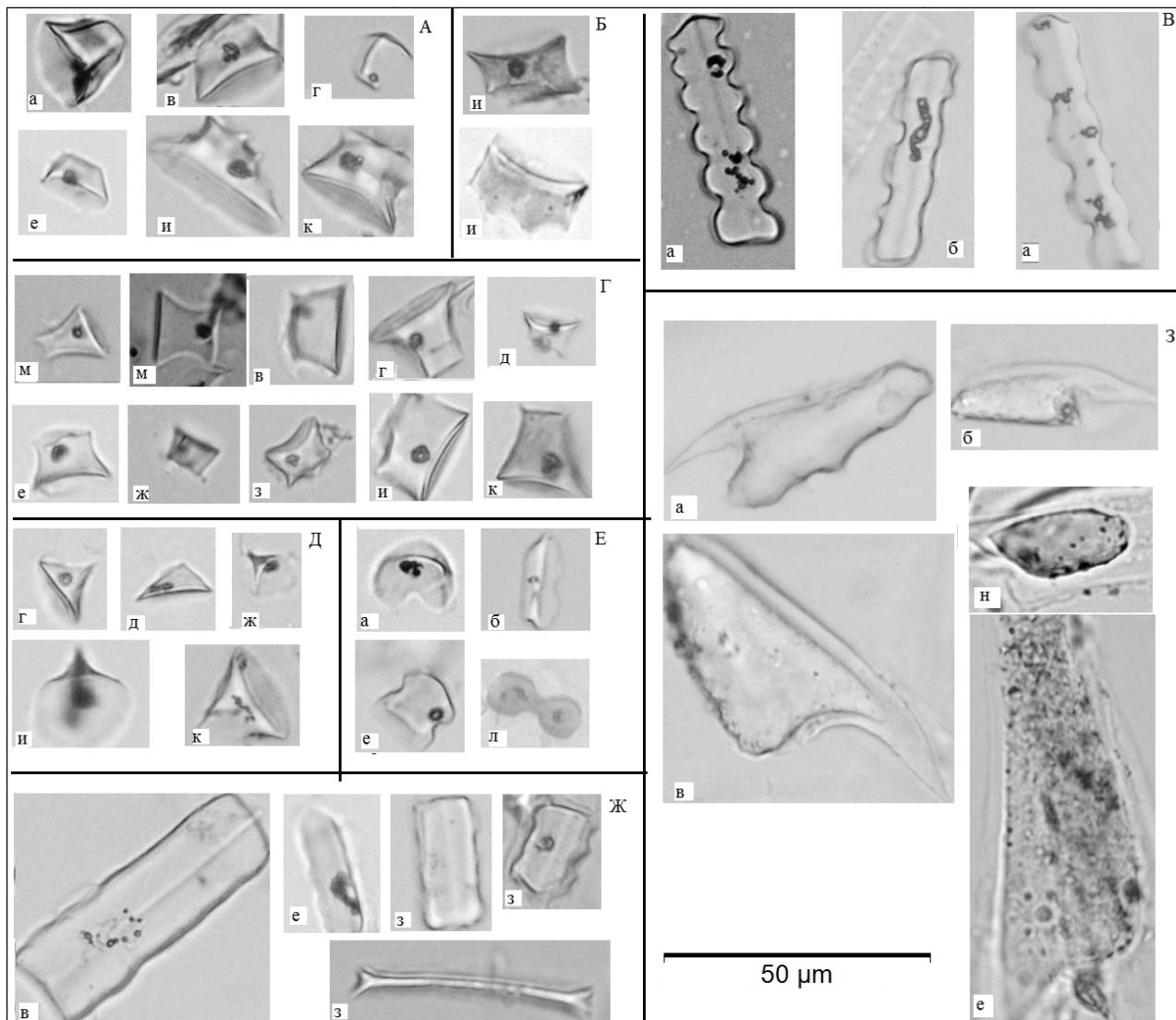


Рис. 3. Различные морфотипы фитолитов у изученных злаков. Условные обозначения: Морфотипы фитолитов: А – трапециевидные короткие частицы; Б – псевдоседеловидные короткие частицы; В – полилопастные трапециевидные частицы; Г – усеченные конусовидные частицы (rondels); Д – неусеченные конусовидные частицы; Е – двулопастные короткие частицы (а, б, е – *Stipa*-type); Ж – волнистые пластинки; З – трихомы. Виды злаков: а – *Agrostis giganteae*, б – *Calamagrostis epigeios*, в – *Elymus excelsus*, г – *Elymus gmelinii*, д – *Elytrigia repens*, е – *Festuca pratensis*, ж – *Festuca pseudovina*, з – *Koeleria cristata*, и – *Leymus angustus*, к – *Leymus dasystachys*, л – *Setaria viridis*, м – *Stipa korshinskii*, н – *Stipa pennata*.

Полилопастные трапециевидные частицы в большом количестве обнаружены у трех видов мезогрофита, ксеромезофита и мезоксерофита. В достаточном количестве встречаются у эумезофитов и одного эуксерофита (*Leymus angustus*). Вид является галофитом, и образование фитолитов у видов с различным отношением к засолению почвы служит предметом для отдельного исследования. Таким образом, образование трапециевидных полилопастных больше характерно для видов, предпочитающих места с достаточным увлажнением.

Табл. 1. Встречаемость различных морфотипов фитолитов у некоторых видов злаков Алтайского края

Вид	Встречаемость морфотипов фитолитов, %																				Экологическая группа	Жизненная форма
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
<i>Agropyron pectinatum</i>	12	1	7	1	0	0	20	0	4	4	6	0	1	1	27	1	2	0	12	1	ЭК	РхД
<i>Agrostis gigantea</i>	7	1	6	0	10	0	1	40	0	9	3	0	0	1	7	12	1	0	0	1	МГ	РхД
<i>Agrostis vinealis</i>	6	3	4	0	1	0	14	47	0	7	2	0	0	1	10	1	1	1	1	1	КМ	РхД
<i>Bromopsis inermis</i>	11	5	9	1	1	0	19	8	0	14	4	0	0	1	15	1	1	0	10	0	ЭМ	ДлК
<i>Calamagrostis epigeios</i>	3	0	3	0	3	0	0	53	0	20	1	0	0	1	2	11	1	1	1	0	МК	ДлК
<i>Elymus exelsus</i>	17	2	32	0	0	0	4	1	0	8	5	0	0	0	4	7	0	0	20	0	КМ	РхД
<i>Elymus gmelinii</i>	31	1	29	1	1	0	20	1	0	2	1	0	0	0	4	4	0	0	5	0	МК	РхД
<i>Elytrigia repens</i>	12	1	29	1	0	0	1	0	0	26	2	1	0	2	6	0	0	0	19	0	ЭМ	РхД
<i>Festuca pratensis</i>	25	2	32	1	1	0	1	12	0	4	3	0	1	1	10	3	1	1	2	0	ЭМ	РхД
<i>Festuca pseudovina</i>	40	6	24	1	0	0	5	0	1	0	1	1	0	1	9	8	1	0	2	0	МК	ПлД
<i>Koeleria cristata</i>	10	2	12	1	1	0	37	0	0	5	1	0	0	3	18	7	1	1	1	0	ЭК	ПлД
<i>Leymus angustus</i>	12	2	27	1	1	0	0	14	1	8	3	1	1	0	16	10	0	0	3	0	ЭК	РхД
<i>Leymus dasystachys</i>	41	0	28	0	1	0	1	1	0	6	4	1	1	2	3	4	0	0	7	0	ЭК	РхД
<i>Setaria viridis</i>	4	4	4	0	52	0	4	3	0	18	0	0	0	5	5	0	1	0	0	0	ЭМ	О
<i>Stipa capillata</i>	9	1	71	0	0	0	1	0	1	1	3	7	0	1	1	2	0	0	2	1	ЭК	ПлД
<i>Stipa korshinsky</i>	32	13	26	0	0	0	0	2	0	3	1	5	0	0	12	5	0	0	1	0	МК	ПлД
<i>Stipa pennata</i>	24	1	36	0	1	0	1	0	1	7	2	2	0	1	3	7	0	0	14	0	МК	ПлД

Условные обозначения: **Морфотипы фитолитов:** 1 – трапециевидные короткие частицы; 2 – седловидные короткие частицы; 3 – усеченные конусовидные частицы; 4 – неусеченные конусовидные частицы; 5 – двулопастные короткие частицы; 6 – крестообразные короткие частицы; 7 – волнистые пластинки; 8 – полилопастные трапециевидные частицы; 9 – папиллярные частицы; 10 – трихомы; 11 – устьица; 12 – веерообразные частицы; 13 – ровные прямоугольники с гранями; 14 – пластинки; 15 – ровные палочки; 16 – перфорированные палочки; 17 – ассиметричные палочки; 18 – ребристые палочки; 19 – зубчатые палочки; 20 – волнистые палочки. **Экологические группы растений:** ЭМ – эумезофиты; ЭК – эуксерофиты; КМ – ксеромезофиты; МК – мезоксерофиты; МГ – мезогигрофиты. **Жизненные формы растений:** ДлК – длиннокорневищные травы; ПлД – плотнодерновинные травы; РхД – рыхлодерновинные травы; О – однолетние травы.

Папиллярные частицы, окремнения устьиц, веерообразные короткие частицы, ровные прямоугольники с гранями и пластинки производятся в небольших количествах у видов различной экологии.

Трихомы в большем количестве описаны для эумезофитов и одного мезоксерофита (*Calamagrostis epigeios*) (рис. 3, 3). У эуксерофитов трихомы, как правило, в небольшом количестве (менее 10%). Таким образом, производство этих форм имеет экологическую специфику. У ковылей количество трихом соответствует проведенным ранее исследованиям [Соломонова и др., 2014].

Производство фитолитов у злаков различной жизненной формы. Трапециевидные короткие частицы в большом количестве производятся у большинства плотнодерновинных злаков и части рыхлодерновинных, что было отмечено в других исследованиях [Соломонова и др., 2015]. Наименьшее количество этих фитолитов производятся у длиннокорневищных и некоторых рыхлодерновинных злаков, как правило, более мезофитных. Похожее распределение имеют усеченные конусовидные частицы.

Волнистые пластинки в большем количестве отмечены у рыхлодерновинных, плотнодерновинных и у некоторых длиннокорневищных злаков.

Полилопастные трапециевидные частицы характерны в большем количестве для длиннокорневищных и рыхлодерновинных злаков. У плондерновинных злаков эта форма фитолитов встречается как правило в небольшом количестве или вообще отсутствует.

Трихомы в более часто встречаются у длиннокорневищных и некоторых рыхлодерновинных (эумезофитных) злаков. Также в большом количестве трихомы отмечены у однолетнего злака *Setaria viridis*, который является эумезофитом.

Незначительную зависимость формы продуцируемых длинных частиц от жизненной формы можно отметить лишь для зубчатых палочек. Фитолиты этой формы более характерны для дерновинных злаков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, описанные в статье, в очередной раз показали систематическую специфику некоторых групп фитолитов (трапеции различной формы, двулопастные частицы). Специфика формы фитолитов также зависит от экологических особенностей вида злака и его жизненной формы.

Плотнoderновинные эуксерофиты и мезоксерофиты, как правило, производят фитолиты в форме трапециевидных коротких и усеченных конусовидных частиц, в сочетании с волнистыми пластинками, ровными палочками и малым количеством трихом.

Рыхлодерновинные злаки имеют более разнообразный набор фитолитов. Эумезофиты, мезоксерофиты и ксеромезофиты также могут производить полилопастные трапециевидные частицы.

Длиннокорневищные злаки различных экологических групп производят фитолиты в форме полилопастных трапеций в сочетании со значительным количеством трихом и, иногда, волнистых пластинок.

Таким образом, с помощью коротких кремниевых частиц можно определять степные сообщества, а с помощью полилопастных трапеций и трихом луговые и лесные.

ЛИТЕРАТУРА

- Гальцова Т.В., Сперанская Н.Ю. 2013. Разнообразие фитолитов *Panicum miliaceum* L. и *P. ruderales* (Kitag.) Chang., произрастающих на территории Алтайского края // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Барнаул. С. 67-69.
- Гольева А.А. 2001. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. Сыктывкар: Элиста. 200 с.
- Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Князев А.В. 1989. История степных экосистем Монгольской Народной Республики. М: Наука. 215 с.
- Киселева Н.К. 1989. Фитолитный анализ зоогенных отложений и погребенных почв // История степных экосистем Монгольской Народной Республики / Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Князев А.В. (под ред.). М: Наука. С. 15-36.
- Лотова Л.И. 2001. Морфология и анатомия высших растений. М.: Едиториал УРСС. С. 528.
- Олонова М.В., Мезина Н.С. 2011. Фитолиты некоторых мезофильных видов мятликов (*Poa* L.) секции *Stenopoa* и возможность их использования в систематике // Вестник Томского Государственного университета. № 1 (13). С. 51-59.
- Серебряков И.Г. 1962. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа. 380 с.
- Силантьева М.М., Елесова Н.В. 2014. Типологические особенности флор: учебное пособие. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та. 186 с.
- Соломонова М.Ю., Силантьева М. М., Сперанская Н.Ю. 2014. Значение морфометрических и качественных характеристик фитолитов (на примере трихом) для реконструкции трансформации пастбищных экосистем // Вестник алтайской науки. № 4 (22). С. 186-191.
- Соломонова М.Ю., Сперанская Н.Ю., Силантьева М.М., Митус А.А. 2015. Встречаемость фитолитов в форме трапециевидных коротких частиц у злаков различных эколого-ценотических групп юга Западной Сибири // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. С. 295-300.
- Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Силантьева М.М. 2013. Трихомы и лопастные фитолиты растений как возможные индикаторы мезофильных сообществ при реконструкции растительности // Приволжский научный вестник. № 11 (27). С. 40-46.
- Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Силантьева М.М. 2014. Разнообразие фитолитов ковылей (*Stipa*) юга Западной Сибири // Известия АлтГУ. Т. 1. № 3 (83). С. 89-94.
- Blinnikov M. S. 2005. Phytoliths in plants and soils of the interior Pacific Northwest, USA // Review of Palaeobotany and Palynology. V. 135: P. 71-98.
- Bremond L., Alexandre A., Wooller M.J., Hély Ch., Williamson D., Schäfer P.A., Majule A., Guiot J. 2008. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains // Global and Planetary Change. V. 61. P. 209-224.
- Bremond L., Alexandre A., Peyron O., Guiot J. 2005. Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa // Journal of Biogeography (J. Biogeogr.). V. 32. P. 311-327.
- Carnelli A.L., Theurillat J.-P., Madella M., 2004. Phytolith types and type-frequencies in subalpine-alpine plant species of the European Alps // Review of Palaeobotany and Palynology. V. 129. P. 39-65.
- Ehrenberg C. G. 1847. Passatstaub und Blutregen // Deutsche Acad. Wiss. Berlin Abh. p. 269-460.
- Fernandez H.M., Zucol A.F., Osterrith M.L. 2006. Phytolith Assemblages and Systematic Associations in Grassland Species of the South-Eastern Pampean Plains, Argentina // Annals of Botany. V. 98. P. 1155-1165.

- Lu H., Liu K.-B. 2003a. Phytoliths of common grasses in the coastal environments of southeastern USA // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. V. 58. P. 587-600.
- Lu H., Liu K.-B. 2003b. Morphological variations of lobate phytoliths from grasses in China and the south-eastern United States // *Diversity and Distribution*. P. 73-87.
- Madella M., Alexandre A., Ball T. 2005. International Code for Phytolith Nomenclature. ICPN Working Group // *Annals of Botany*. V. 96. P. 253-260.
- Piperno D. R. 2006. Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists. Rowman Altamira. P. 238.
- Smithson F. 1958. Grass opal in British soils // *J. Soil Sci. Wis.* V. 4. P. 25-43
- Torn V.C. 2004. An annotated bibliography of phytolith analysis and atlas of selected New Zealand subantarctic and subalpine phytoliths // *Antarctic Data Series*. № 29. P. 61-67.
- Twiss P.C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths / Rapp G.R., Mulholland S.C. (Eds.) *Phytoliths systematics: emerging issues*. Advance Archaeological Museum Science. Vol. 1. New York: Plenum Press. P. 113-128.
- Twiss P.C., Suess E., Smith R.M. 1969. Morphological Classification of Grass Phytoliths // Reprinted from the Soil Science Society of America Proceedings. V. 33. №. 1. P. 109-117.
- Volkova, E. V., Onipchenko, V. G., Blinnikov, M. S. 1995. Subrecent phytolith assemblages of alpine communities in Teberda Nature Reserve, the northwestern Caucasus, Russia // *Oecologia Montana*. V. 4. P. 1-8.
- Yost C.L., Blinnikov, M.S., Julius M.L. 2013. Detecting ancient wild rice (*Zizania* spp. L.) using phytoliths: a taphonomic study of modern wild rice in Minnesota (USA) lake sediments // *Journal of Paleolimnology*. V. 49. P. 221-236.

PHYTOLITHS IN SOME GRASSES OF ALTAI REGION FROM DEFERENT ECOLOGICAL GROUPS AND LIFE FORMS

Speranskaya N. Yu., Solomonova M. Yu., Kharitonova E. Yu.

The study investigated Poaceae phytoliths from the Altaisky Kray of Russia. This botanical study was performed to enable future paleoecological reconstructions in the region. We examined 17 species of grasses: 16 from the subfamily Pooideae (Agropyron pectinatum, Agrostis gigantea, A. vinealis, Bromopsis inermis, Calamagrostis epigeios, Elymus exelsus, E. gmelinii, Elytrigia repens, Festuca pratensis, F. pseudovina, Koeleria cristata, Leymus angustus, L. dasystachys, Stipa capillata, S. korshinsky, S. pennata) and 1 species – from the subfamily Panicoideae (Setaria viridis). Many species were analyzed in such detail for the first time.

Phytolith extraction was based on the methods described by A.A. Golyeva. We ashed plant matter for 15 - 20 hours in a muffle furnace at 400 degrees Celsius. The material was examined with the help of an optical microscope. Phytoliths were counted in up to 200 individual forms.

Phytolith production in plants was studied according to ecological groups and life forms. Grasses of five ecological groups were examined: xerophytes, meso-xerophytes, mesophytes, xero-mesophytes, and meso-hygrophytes. Plants of four life forms were examined: loose-sod and dense-sod grasses, long-rootstock grasses, and annual grasses. We used the life forms classification of I. G. Serebryakov; such analysis of phytoliths from various life forms of grasses was undertaken for the first time.

We distinguish the following morphotypes: Trapeziform Short Cells, Trapeziform Polylobates, Trapeziform Sinuates, Rondels, Papillae, Saddles, Trichomes, Bilobate Short Cells, Crosses, Stomata, Bulliform (Fan-Shaped) Cells, Long cells with different textures (smooth, scrobiculate, echinate, sinuate) and other forms.

As a result, we confirmed the specificity of certain morphotypes: Trapeziform Sinuates, Bilobate Short Cells and other. The difference between phytoliths of ecological groups and live forms was marked in grasses. Dense-sod and loose-sod xerophytes and meso-xerophytes produce mainly Trapeziform Short Cells and Rondels in combination with Trapeziform Sinuates, Smooth Long Cells and a small amount of Trichomes. Loose-sod grasses have more diverse sets of phytoliths. Meso-xerophytes, mesophytes and xero-mesophytes can produce Trapeziform Polylobates and a lot of Trichomes. Long-rootstock grasses produce large amounts of Trapeziform Polylobates and Trichomes and, sometimes, Trapeziform Sinuates.

We conclude that Trapeziform short cells can help identify steppe communities, while Trapeziform Polylobates and Trichomes can help identify meadow and forest communities.

Keywords: phytoliths, phytoliths analysis, grasses, ecological group, paleoecology.

Поступила в редакцию: 15.01.2016
Переработанный вариант: 15.04.2016