

УДК 581.6(571.15)

## Фитолиты лесов Северного Алтая

### Phytoliths of North Altay forests

Соломонова М. Ю., Сперанская Н. Ю., Силантьева М. М., Елесова Н. В.

Solomonova M. Yu., Speranskaya N. Yu., Silantyeva M. M., Elesova N. V.

*Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия. E-mail: solomonova@edu.asu.ru*

*Altai State University, Barnaul, Russia*

**Реферат.** В статье представлен анализ фитолитных спектров лесных растительных сообществ Северного Алтая. Было изучено 9 фитоценозов, для каждого из которых было получено по 3 фитолитных спектра. На основе этих данных было сделано заключение об особенностях фитолитного комплекса лесов района исследования.

**Summary.** Analysis of phytoliths spectra of forest plant communities in the North Altai is described in the article. We investigated 9 phytocenoses and received 3 phytoliths spectra for each phytocenosis. As a result, we made a conclusion about the features of the phytolithic complex of forests in the study area.

#### Введение

Диагностическая значимость фитолитных спектров лесных фитоценозов является одним из слабоизученных вопросов в фитолитных исследованиях. К типичным фитолитам тропических лесов относят сферические морфотипы с различной орнаментацией, относящиеся к *Chrysobalanaceae* и другим древесным семействам (Stromberg, 2004). Также у многих тропических древесных растений формируются окремнения в склеренхимных клетках (например, *Annonaceae*, *Flacourtiaceae* и *Chrysobalanaceae*) (Stromberg, 2004).

Для умеренных широт не существует единых подходов к значимости фитолитных спектров лесных фитоценозов. Наиболее важными для диагностики лесных фитоценозов являются следующие морфотипы: окремнения мезофилла, различные виды пластин, блочные многогранники и другие морфотипы, производимые хвойными (Blinnikov et al., 2001; Stromberg, 2004).

А. А. Гольева (2001) для влажных хвойных лесов европейской территории России в составе фитолитных спектров выделяет блочные структуры с порами, крупные трихомы, округлые овальные формы, также могут присутствовать палочки. Для лиственного леса характерны фитолитные спектры с большим количеством трихом, палочек, шаров, полуovalов, конусов, пластинок. Основное отличие фитолитных спектров сухих лесов – появление единичных палочек с сильнозубчатыми краями.

Для северо-западного тихоокеанского побережья Северной Америки на основе фитолитных спектров возможно различить 8 основных типов растительности. Фитолитные спектры сосновых лесов отличают от спектров открытых травяных экосистем наличием особенных морфотипов хвойных – многоугольных ребристых блочных частиц, в которых могут присутствовать поры (Blinnikov et al, 2001).

#### Материалы и методы

Для выявления особенностей состава фитолитных комплексов лесных сообществ Северного Алтая было изучено 9 фитоценозов. На 9-ти пробных площадках 20 × 20 м были выполнены геоботанические описания и отобраны пробы почвенного грунта в трехкратной повторности. В ходе лабораторной обработки проб (методика по А. А. Гольевой (2001)) было получено 27 фитолитных спектров. Выборка фитолитов при подсчете составила 500 частиц для каждой пробы. При анализе использовались усредненные фитолитные спектры для каждого фитоценоза.

Фитолитные спектры были изучены для лиственных, сосновых, кедровых и еловых лесов Северного Алтая с территории хребтов Иолго, Чергинский, Семинский, Башцелакский и Ануйский.

### Результаты и их обсуждение

В ходе анализа фитолитных спектров нами были выявлены морфотипы фитолитов наиболее типичные для лесов Северного Алтая (Табл. 1). Для более детального анализа нами были выбраны морфотипы, доля которых в спектрах превышала 1% и морфотипы, в которых были отмечены различия между фитолитными спектрами. Наиболее представлены в спектрах фитолиты злаков.

Таблица 1

Представленность основных морфотипов фитолитов в спектрах лесных фитоценозов

Морфотипы	Количество (%)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
В.пл.	5,58	2,62	2,06	2,59	2,71	2,73	5,23	2,76	2,15
П.тр.ч.	13,78	18,53	14,15	15,04	21,28	18,56	9,14	11,77	15,53
Н.дв.ч.	0,41	0,71	1,71	1,71	0	0,18	0,10	3,18	2,89
Дв.ч.S.	1,74	0,77	2,30	1,77	0,93	0,77	0,77	2,45	2,71
Дв.тр. и рд.	1,28	2,52	4,21	3,64	1,65	1,99	0,39	6,09	2,76
Кр.ч.	0,08	0,06	0,11	0,19	0	0	0,01	0,37	2,04
Тр.рд.н.	2,96	2,53	2,95	3,47	3	4,53	4,05	2,41	2,90
Кон.рд.н.	4,37	6,86	7,82	9,85	6,11	16,00	5,83	9,76	11
Лн.ч.о.	1,40	2,46	3,46	3,14	1,37	1,21	1,68	2,81	2,34
Лн.у.ш.	5,16	3,99	5,07	5,55	2,34	0,82	1,55	7,78	7,68
Дл.о.р.	10,11	4,90	5,42	6,96	12,92	8,68	11,57	2,55	4,05
Дл.о.а.	3,08	1,47	3,49	2,98	3,14	2,88	2,52	1,62	2,39
Дл.р.р.	6,77	17,21	9,18	8,49	14,65	10,84	4,76	6,18	8,50
Дл.р.а.	2,47	7,03	5,61	5,93	4,15	3,57	1,00	6,75	5,56
Дл.мз.р.	1,72	2,53	0,47	0,54	1,30	1,34	1,35	0,55	1,25
Дл.вл.р.	1,72	0,64	0,59	0,30	1,68	0,82	2,02	0,63	0,38
Пл.пр.	3,90	1,50	3,65	4,24	1,87	2,55	2,53	2,50	1,5
Пл. нп.	10,68	5,06	4,52	3,06	5,05	4,47	21,31	4,75	3,41
Ребр. мн.	1,21	1,81	1,36	0,49	1,88	0,57	2,19	1	1,26

Условные обозначения. *Морфотипы*: в.пл. – волнистые пластинки; п.тр.ч. – полилопастные трапециевидные частицы; н.дв.ч. – настоящие двулопастные частицы; дв.ч.S. – двулопастные частицы *Stipa*-типа; дв.тр. и рд. – двулопастные трапеции и рондели; кр.ч. – крестовидные частицы; тр.рд.н. – трапециевидный рондель низкий; кон.рд.н. – конический рондель низкий; кон.рд.в. – конический рондель высокий; лн.ч.о. – ланцетные частицы с массивным основанием; лн.у.ш. – ланцетные частицы с удлинённым шипом; лн.тр. – ланцетные частицы треугольной формы; дл.о.р. – длинные округлые ровные; дл.о.а. – длинные округлые ассиметричные; дл.р.р. – длинные ребристые ровные; дл.р.а. – длинные ребристые ассиметричные; дл.мз.р. – длинные мелкозубчатые ровные частицы, дл.вл.р. – длинные волнистые частицы ровные; Пл.пр. – пластинки прямоугольной формы; пл. нп. – пластинки неправильной формы; ребр. мн. – ребристые многоугольники различной формы. *Фитоценозы*: 1 – лиственничник пионово-гераниево-коротконожковый; 2 – лиственничник манжетково-гераниево-щучковый; 3 – лиственничник борово-гераниево-лабазниковый; 4 – березово-лиственничный лес с разнотравно-борово-незабудковым травяным покровом; 5 – кедрач манжетково-щучково-гераниевый; 6 – кедрач разнотравно-мятликосый; 7 – ельник заболоченный грушанково-осоково-хвощевый; 8 – сосняк кислично-снытево-страусниковый; 9 – сосняк подлесниково-осоково-орляковый.

Волнистые пластинки встречаются во всех лесных фитолитных спектрах Северного Алтая в небольшом количестве. Фитолиты этой формы продуцируются злаками (Сперанская и др., 2016), как ксерофитами, так и мезофитами.

Полилопастные трапециевидные частицы доминируют во всех лесных фитолитных спектрах за исключением заболоченного ельника. Эти данные соотносятся с материалами фитолитных исследований с равнинных территорий юга Западной Сибири (Сперанская и др., 2013; Silantyeva et al., 2018) и

указывают на важную роль полилопастных трапеций для индикации лесных фитоценозов. Кроме того, эти частицы доминируют в фитолитных спектрах лесов с отсутствием злаков в числе доминантов травяного покрова. Это указывает на низкую продуктивность разнотравья в производстве фитолитов по сравнению со злаками.

Настоящие двулопастные частицы и крестовидные частицы в спектрах лесов Северного Алтая встречаются в малом количестве. Это связано с тем, что морфотипы этой формы формируются у злаков естественной флоры редко (Сперанская и др., 2013). Находки этого морфотипа фитолитов в спектрах юга Западной Сибири могут указывать на наличие в сообществе рудеральных видов подсемейства *Ranicoideae*. Этим фактором объясняется значительная доля двулопастных и крестовидных частиц в спектрах сосновых лесов, которые были описаны на территориях близких к сельским поселениям. В наиболее удаленных от поселений кедровых лесах количество частиц этих морфотипов минимально.

Двулопастные трапеции и рондели, а также трапециевидные рондели встречаются во всех лесных фитолитных спектрах. Наиболее характерны двулопастные формы для спектров фитоценозов со значительным участием злаков в травяном покрове.

Конусовидные рондели низкие являются наиболее распространенным морфотипом злаков юга Западной Сибири и доминируют во многих фитолитных спектрах равнин умеренных широт (Сперанская и др., 2013; Гейнрих и др., 2017; Silantyeva et al., 2018). По сравнению с опубликованными степными фитолитными спектрами равнинных территорий Алтайского края в спектрах лесов Северного Алтая, этот морфотип представлен в малом числе. В наибольшем количестве этот морфотип встречается в спектре кедрового разнотравно-мятликового леса. Это соответствует доминированию этого морфотипа у видов *Poa* L. (Сперанская и др., 2016).

Ланцетные частицы с массивным основанием для европейской территории России отмечены А. А. Гольевой (2001), как «лесные» трихомы. Этот морфотип представлен во всех лесных фитолитных спектрах исследованных лесов Северного Алтая, но в небольшом количестве. Ланцетные частицы с удлиненным шипом для европейской территории России отмечены А. А. Гольевой (2001), как «луговые» трихомы. Но в спектрах лесов Северного Алтая эти формы представлены в большем количестве, чем предыдущей морфотип за исключением кедровых лесов и ельника. Таким образом, этот морфотип характерен для лесов с умеренным увлажнением.

Среди длинных частиц в лесных фитоценозах преобладают длинные округлые и ребристые частицы ровные. Встречаются также мелкозубчатые и волнистые частицы.

Среди пластинок преобладают морфотипы неправильной формы. Это наиболее подверженные деформации и растворению частицы по сравнению с описанными ранее. Фитолиты этой формы доминируют в спектре заболоченного ельника, что соответствует значению этого морфотипа в спектрах болотных фитоценозов европейской территории России (Гольева, 2001).

Стоит отдельно отметить наличие небольшого количества ребристых многоугольников в спектрах исследованных фитоценозов. Наиболее часто этот морфотип представлен у *Pinaceae* (An, 2016). Но, продуцирование хвойными фитолитов значительно ниже, чем у злаков (Hodson et al., 2005), что объясняет низкое содержание частиц этой формы и почти полное отсутствие другого морфотипа хвойных – ребристых многоугольников с порами.

### **Заключение**

В ходе проведенного анализа был описан комплекс фитолитов лесов Северного Алтая. Фитолитные спектры хвойных лесов этой территории обладают количественно-специфичным набором фитолитов. Важными признаками лесных фитолитных спектров Северного Алтая является доминирование полилопастных трапеций и значимое количество трихом и длинных частиц. Исключением являются заболоченные леса, для которых характерно доминирование пластинок и относительно низкое содержание в спектрах фитолитов злаков.

**Благодарности.** Исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ 17-04-00437 «Влияние эколого-ценотических и климатических факторов на формирование фитолитных спектров основных фитоценозов Северного Алтая».

ЛИТЕРАТУРА

- Гейрих Ю. В., Соломонова М. Ю., Гребенникова А. Ю.** Фитолитные спектры степных фитоценозов Северной Кулунды // Сборник науч. ст. междунар. конф. «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования». – Барнаул, 2017. – С. 1372–1376.
- Гольева А. А.** Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. – Москва; Сыктывкар; Элиста: Полтекс, 2001. – 140 с.
- Сперанская Н. Ю., Соломонова М. Ю., Силантьева М. М.** Трихомы и лопастные фитолиты растений как возможные индикаторы мезофильных сообществ при реконструкции растительности // Приволжский научный вестник, 2013. – № 11 (27). – С. 40–46.
- Сперанская Н. Ю., Соломонова М. Ю., Харитонова Е. Ю.** Фитолиты некоторых видов злаков Алтайского края разных экологических групп и жизненных форм // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата, 2016. – Т. 7. № 1 (13). – С. 155–162.
- An X. H.** Morphological characteristics of phytoliths from representative conifers in China // Palaeoworld, 2016. – № 25. – P. 116–127.
- Blinnikov M., Busacca A., Whitlock C.** A new 100,000-year phytolith record from the Columbia Basin, Washington, USA // Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History / Meunier J. D., Colin F. (Eds.) – Lisse: Balkema Publishers, 2001. – P. 27–55.
- Hodson M. J., White P. J., Mead A., Broadley M. R.** Phylogenetic Variation in the Silicon Composition of Plants // Annals of Botany, 2005. – № 96. – P. 1027–1046.
- Silantyeva M., Solomonova M., Speranskaja N., Blinnikov M.S.** Phytoliths of temperate forest-steppe: A case study from the Altay, Russia // Review of Palaeobotany and Palynology, 2018. – № 250. – P. 1–15.
- Stromberg C. A. E.** Using phytolith assemblages to reconstruct the origin and spread of grass-dominated habitats in the Great Plains of North America during the late Eocene to early Miocene // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2004. – № 207. – P. 239–275.