

УДК 561(571.150)

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ФИТОЛИТОВ ЛУГОВЫХ И СТЕПНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Гейнрих Ю.В.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул

speranskaj@mail.ru

В статье описываются диагностические формы фитоцитов луговых и степных фитоценозов Алтайского края. Почвенные пробы были обработаны методом мацерации, проведен подсчет форм фитоцитов с использованием светового микроскопа. Для каждого фитоценоза представлен видовой состав доминирующих растений. В большинстве сообществ отмечены: Bromopsis inermis, Elytrigia repens, виды рода Festuca. Всего было выделено 17 форм фитоцитов. В различных спектрах представлено от 10 до 17 морфотипов. В большом количестве встречаются: трапецевидные короткие частицы, усеченные конусовидные частицы, трихомы, полилопастные трапецевидные частицы. Представлены диаграммы, отражающие процентное содержание фитоцитов в почвенных пробах. Фитолитные спектры из почв фитоценозов Алтайского края были сопоставлены с составом фитоцитов в почвах фитоценозов европейской части России.

Ключевые слова: фитоциты, фитоцитные спектры, степи, суходольные луга, палеоэкология.

Цитирование: Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Гейнрих Ю.В. 2016. Диагностические формы фитоцитов луговых и степных фитоценозов Алтайского края // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1 (13). С. 148-154.

ВВЕДЕНИЕ

Фитоциты (греч., от *phyton* – растение и *lithos* – камень) – это кремниевые частицы оригинальной формы, формирующиеся в растениях. При отмирании растений фитоциты попадают в почву с опадом и диагностируются в составе почвенного мелкозема во фракциях менее 0,1 мм как кремнеземистые тела, обладающие сравнительно правильными формами. Эти частицы позволяют идентифицировать растение спустя длительное время, а фитоцитный спектр, полученный из определенного слоя почвы, соответствует типу растительности, который его сформировал.

Растительный покров Алтайского края очень разнообразен, что связано со сложностью и неоднородностью физико-географических условий этой территории. Разнообразие природных условий напрямую связано с флористическим и фитоценозическим богатством. На исследуемой территории встречается более 2000 растений. Фитоценозы представлены как различными вариантами древесной растительности (хвойные, мелколиственные и смешанные леса), так и широким спектром травянистых сообществ: от болот и заливных лугов до сухих степей. Практически во всех фитоценозах встречаются злаки и осоки, в тканях которых формируются наибольшее количество фитоцитов. Для европейской части России А.А. Гольевой [2001, с. 42-43] разработана экологическая классификация фитоцитов, позволяющая соотносить набор фитоцитов с определенным типом растительности (лес, луг, степь). На сегодняшний день на территории Алтайского края ведется работа по изучению форм фитоцитов и их встречаемости у злаков различных эколого-ценотических групп [Сперанская и др., 2014; Соломонова и др., 2015]. Другим важным аспектом является изучение состава фитоцитов в почвах конкретных фитоценозов. В совокупности эта информация является основой для реконструкции растительности методом фитоцитного анализа при проведении археологических и палеоэкологических исследований на территории Алтайского края.

Цель данной работы – выделение диагностических форм фитоцитов из почв луговых и степных фитоценозов Алтайского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе проанализированы почвенные пробы, отобранные авторами с глубины 0–5 см в пяти растительных сообществах луговых и степных фитоценозов на территории Алтайского края в 2014 г.

Почвенные пробы в трех сообществах суходольного луга были отобраны в 1,5 км к юго-востоку от поселка Лесная поляна (Первомайский район, Алтайский край). Суходольные луга этой территории входят в состав Приобского борového округа, который объединяет крупные массивы сосновых боров, развитых на песчаных отложениях. На вырубках и полянах формируются лесные луга. Также суходольные луга могут возникать в результате восстановления залежей и деградированных пастбищ [Куминова, Митрофанова, 1963].

Почвенные пробы степного фитоценоза отобраны в Михайловском районе, Алтайского края. Эта территория относится к южной части Славгородского безлесно-степного округа. Зональными формациями растительности здесь являются ковыльные степи со степными кустарниками и типчаково-ковыльные степи. Непосредственно на юге округа встречаются различные варианты дерновинно-злаковых степей: типчаково-ковылково-красноковыльные, типчаково-ковыльные с участием овсеца пустынного и разнотравья, а также типчаково-тырсовые [Куминова и др., 1963].

Фитоциты из почвенных проб извлекались методом мацерации по методике А.А. Гольевой [2001, с. 17-18] с изменениями. Сначала почвенная навеска кипятилась в течение одного часа в растворе 10% соляной кислотой с целью дезинтегрирования породы и сжигания органического вещества. Затем удалялась песчаная фракция, для этого прокипяченный осадок охлаждали и тщательно взмучивали с дистиллированной водой и чрез 3 секунд сливали через сито с отверстием 0,25 мм в батарейный мерный стакан, доводя объем жидкости до отметки 15 см от дна стакана. Осевший за полминуты на дно исходного стакана осадок песчаной фракции и частицы, оставшиеся на сите, выбрасывали. Через 3 часа столб воды в батарейном мерном стакане высотой 7 см от верхней границе аккуратно сливали. Стакан доливали дистиллированной водой до метки 15 см, осадок хорошо перемешивали мешалкой и оставляли на 3 часа. Производили 3-7 сливов до полного просветления столба воды верхних 7 см за 3 часа, то есть до полного удаления илстой фракции. Оставшийся осадок высушивали и центрифугировали в градиенте плотности (раствор йодитов кадмия и калия с удельным весом 2,3) 10 минут про скорости 1000 об./сек. В результате фитоциты извлекаются в легкую фракцию. Верхний слой тяжелой жидкости вместе с фитоцитами сливали на фильтр. Фитоциты с фильтра аккуратно смывали дистиллированной водой в другой центрифужный стаканчик. Водный раствор с выделенными фитоцитами центрифугировали при 1500 об./сек в течение 5 минут для промывания от тяжелой жидкости. После центрифугирования слой воды сливали, а оставшуюся на дне пылевую фракцию, обогащенная фитоцитами высушивали.

Далее проводилось фотографирование и подсчет всех встречающихся форм фитолитов с использованием светового микроскопа Olympus BX-51, цифровой камеры Olympus XC-50 и программы cellSens Standard. Выборка составляла 200 фитолитов в каждой пробе. Соотношение фитолитов представлено в процентах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разнотравно-злаковый суходольный луг. Преобладает большое количество злаков с небольшим обилием: кострец безостый (*Bromopsis inermis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*); из разнотравья доминируют – василек луговой (*Centaurea jacea*) (адвентивный вид, индикатор нарушенных местообитаний) и клевер луговой (*Trifolium pratense*). Сохранение в травостое «сорных» растений указывает на то, что данный участок представляет собой луг, восстанавливающийся после пастбищной дигрессии; присутствие типично лесных видов, говорит о лесном происхождении луга. Фитоцитный спектр почвы представлен на рис. 1.

В фитоцитном спектре злаково-разнотравного суходольного луга преобладают усеченные конусовидные частицы, трапиевидные короткие частицы и трихомы, также много пластинок и палочек (рис. 2).

Большое количество трапиевидных коротких частиц и усеченных конусовидных частиц в этом спектре связано с наличием в сообществе таких видов, как *Festuca pratensis*, *Agropyron cristatum* и *Elytrigia repens*. Полилопастные трапиевидные и волнистые трапиевидные частицы для региона были описаны как индикаторы луговых и лесных фитоценозов [Сперанская и др., 2013]. Из видов, произрастающих в описанном сообществе, подобные формы образуются у *Dactylis glomerata*, также они описаны у рода *Bromus*, который является родственником роду *Bromopsis* [Fernandez et al., 2006; Carnelli et al., 2004]. Ожидается много трихом, которые производятся практически всеми указанными выше злаками и двулопастных коротких частиц, которые образуются у тех же видов, что

и полилопастные [Сперанская и др., 2013]. Волнистые пластинки характерны для рода *Agropyron* [Динесман и др., 1989]. Значительно количество пластинок, присутствуют седловидные короткие частицы, не усеченные конусовидные частицы, ровные прямоугольники с гранями и различные варианты длинных частиц, среди которых доминируют волнистые палочки.

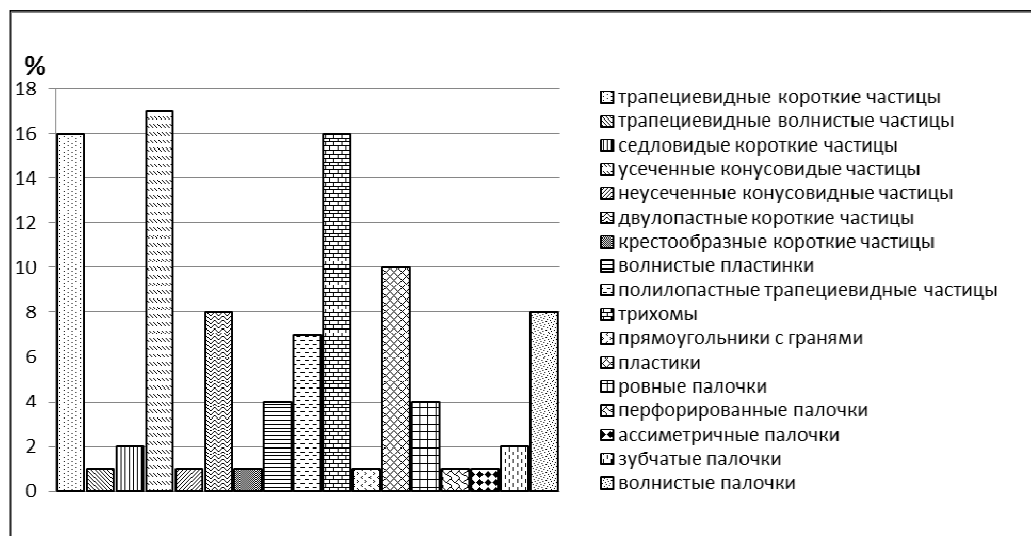


Рис. 1. Фитолитный спектр разнотравно-злакового суходольного луга (глубина почвы 0–5 см)

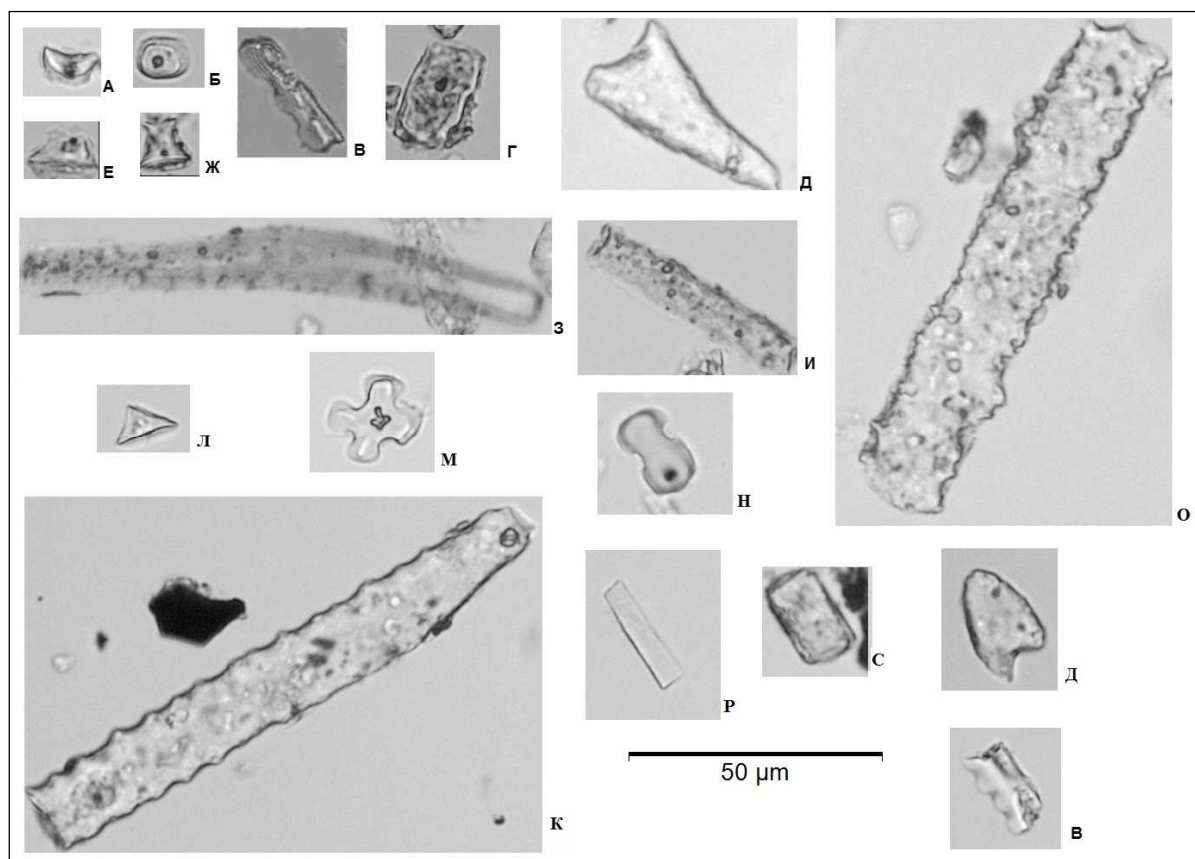


Рис. 2. Фотографии основных морфотипов: А – седловидная короткая частица; Б – трапециевидная короткая частица (вид сверху); В – полилопастная трапециевидная частица; Г – волнистая пластинка; Д – трихома; Е – трапециевидная короткая частица (вид сбоку); Ж – усеченная конусовидная частица; З – ассиметричная палочка; И – ровная палочка (палочка с ровными краями); К – зубчатая палочка; Л – неусеченная конусовидная частица; М – крестообразная короткая частица; Н – двулопастная короткая частица; О – перфорированная палочка; Р – пластинка; С – прямоугольник с гранями

Описанный фитолитный спектр схож с составом фитолитов в почвах «сухих» лугов, описанных А.А. Гольевой [2001, с. 119-120].

Разнотравный суходольный луг. Доминанты: василек луговой (*Centaurea jacea*), тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica*), люцерна серповидная (*Medicago falcata*), клевер луговой (*Trifolium pratense*), реже встречается пырей ползучий (*Elytrigia repens*).

Фитолитный спектр почвенной пробы следующего сообщества (рис. 3) отличается от предыдущего количеством отдельных форм. Меньше усеченных конусовидных частиц и трапециевидных коротких частиц, преобладают трихомы и трапециевидные полилопастные частицы. Фитолитный спектр не соответствует современному растительному покрову и скорее всего, отражает растительное сообщество, произрастающее на этом участке ранее. Согласно экологической классификации А.А. Гольевой, большое количество трихом указывает на более мезофильный характер фитоценоза по сравнению с предыдущим, но в целом фитолитный спектр соответствует «сухому» лугу [Гольева, 2001, с. 119-120].

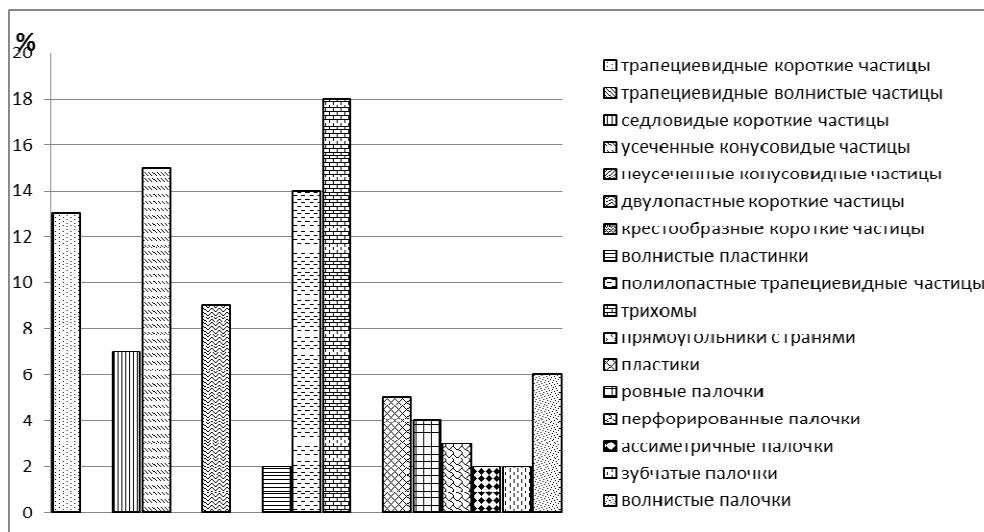


Рис. 3. Фитолитный спектр разнотравного суходольного луга (глубина почвы 0-5 см)

Кострецово-ежовый суходольный луг. Ведущая роль принадлежит следующим видам: кострец безостый (*Bromopsis inermis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), тимopheевка луговая (*Phleum pratense*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*).

Фитолитный спектр кострецово-ежового суходольного луга (рис. 4) близок к ранее описанному спектру разнотравно-злакового суходольного луга (рис. 1). Также много форм относящихся к типично степным злакам (усеченные конусовидные частицы, трапециевидные короткие частицы), большое количество трихом, редко встречаются полилопастные трапеции. Среди лопастных форм много двулопастных, количество которых невозможно объяснить их производством у таких видов как *Bromopsis inermis* и *Dactylis glomerata*, так как мало полилопастных и волнистых трапеций. Представленный спектр также соответствует «сухому» лугу [Гольева, 2001, с. 119-120].

Участок *люцерново-полынно-типчаковой степи* находится в окрестностях с. Полуямки. Доминанты: полынь понтийская (*Artemisia pontica*), полынь австрийская (*A. austriaca*), полынь серая (*A. glauca*), люцерна серповидная (*Medicago falcata*), типчак (*Festuca valesiaca*). С небольшим обилием отмечены: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), осока твердоватая (*Carex duriuscula*) и разнотравье. На почве присутствуют мелкие талломы степного лишайника *Parmelia vagans*.

Фитолитный спектр люцерново-полынно-типчаковой степи (рис. 5) отличается от предыдущих луговых спектров доминированием трапециевидных коротких и усеченных конусовидных частиц, над типично луговыми формами (трихомы, полилопастные трапеции). Большое количество трапециевидных коротких частиц связано с ценозообразующей ролью типчака в сообществе [Соломонова и др., 2015]. Присутствуют волнистые палочки, хотя родов их продуцирующих в сообществе нет (*Koeleria* и *Agropyron*) [Динесман и др., 1989]. Ожидается мало двулопастных коротких частиц, так как нет родов их производящих – *Stipa*, *Panicum* [Гальцова, Сперанская, 2013; Сперанская и др., 2014]. Среди длинных частиц доминируют перфорированные палочки. Описанный фитолитный спектр схож с фитолитным составом степных сообществ по А.А. Гольевой [2001, с. 119-120].

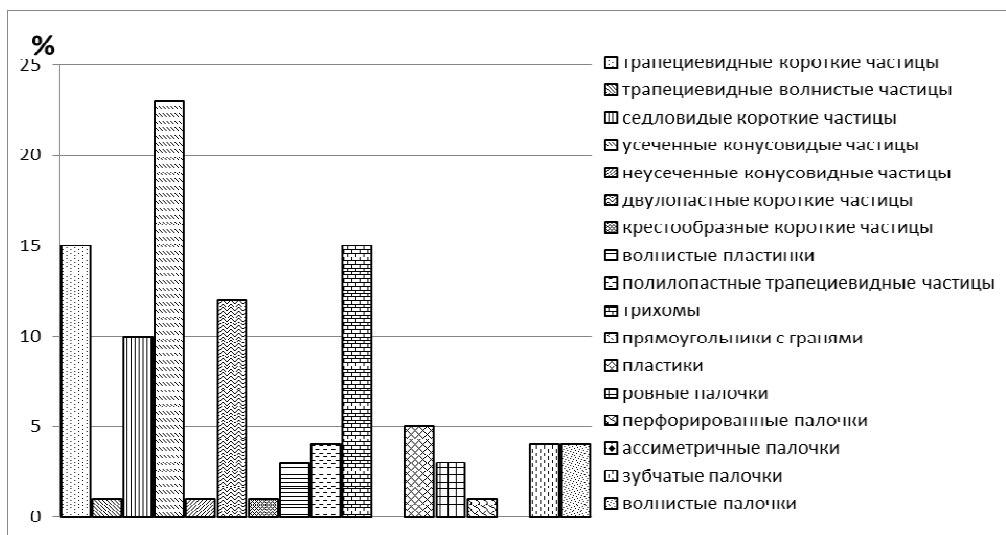


Рис. 4. Фитолитный спектр кострцево-ежового суходольного луга (глубина почвы 0–5 см)

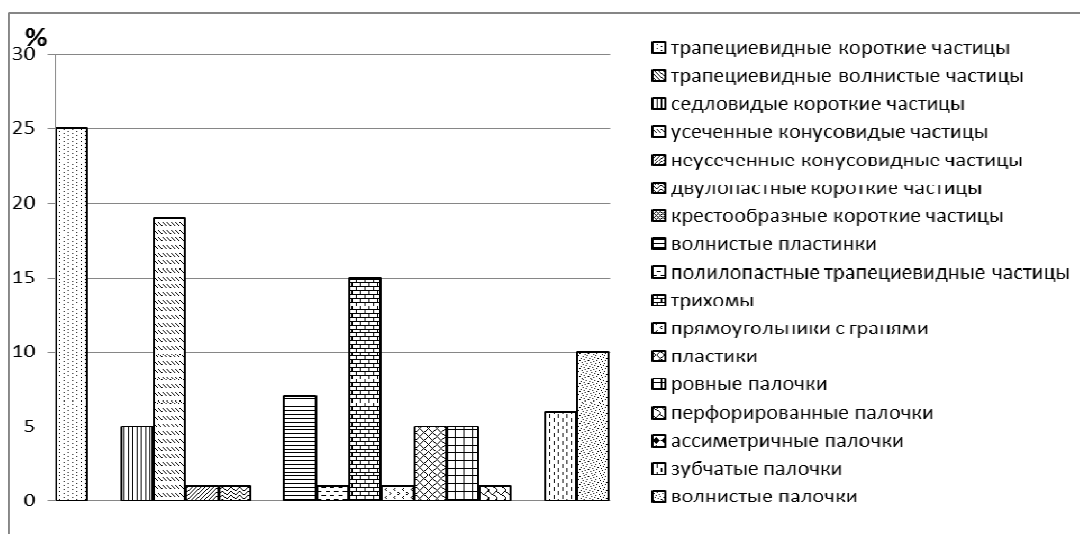


Рис. 5. Фитолитный спектр люцерново-полынно-типчаковой степи (глубина почвы 0–5 см)

Астрагалово-холоднополынно-типчаковая степь залежного типа, расположена в 6 км на северо-восток от с. Ащегуль (Михайловский район, Алтайский край). Более 20 лет назад на этом участке высевались кормовые травы. Доминирующие виды: астрагал эспарцетный (*Astragalus opobrychis*), полынь холодная (*Artemisia frigida*), овсяница валлиская, или типчак (*Festuca valesiaca*). В сообществе также представлены: житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*), кострец безостый (*Bromopsis inermis*), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*), василёк шероховатый (*Centaurea scabiosa*) и др.

В фитолитном спектре трапециевидные короткие частицы (рис. 6) явно доминируют над всеми формами, что, как и в предыдущем спектре, объясняется преобладанием в растительном сообществе типчака (*Festuca valesiaca*). Мало полилопастных трапеций и трихом (индикаторов мезофитных условий). Меньше чем в других описанных спектрах палочек – это указывает на меньшую долю разнотравья. В соответствии с фитолитным составом почв различных фитоценозов по Гольевой А.А. [2001, с. 119-120] этот фитолитный спектр типично степной.

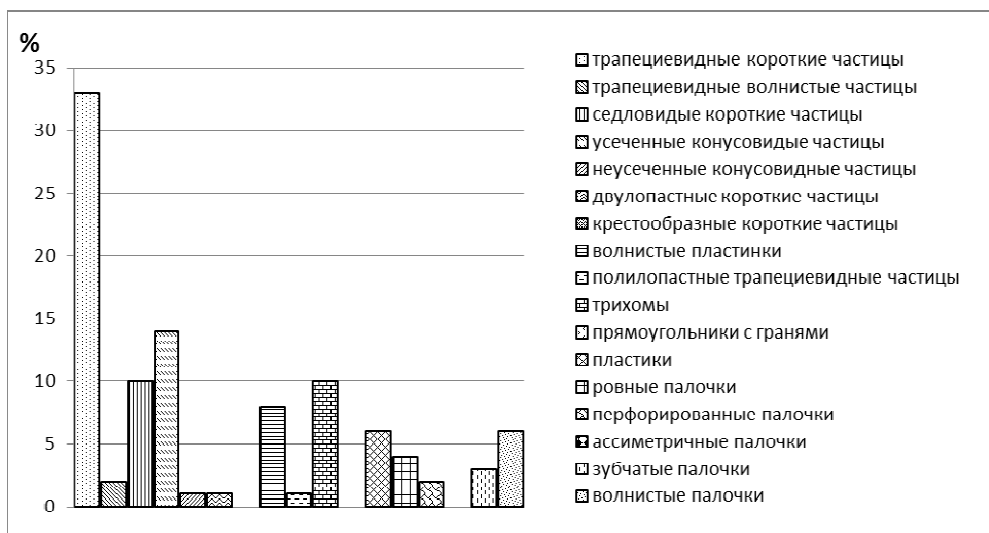


Рис. 6. Фитоцитный спектр астрагалово-холоднопыльно-типчаковой степи (глубина почвы 0–5 см)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования показали, что фитоцитные спектры (глубина почвы 0-5 см) степных и луговых фитоценозов значительно различаются между собой. Всего было выделено 17 форм фитоцитов. При сравнении встречаемости этих форм отмечена следующая диагностическая роль отдельных фитоцитов.

Трапецевидные короткие частицы, являющиеся индикаторами степных растительных сообществ, доминируют в различных вариантах типчаковых степей. В меньших количествах они встречаются в суходольных лугах.

Волнистые пластинки, усеченные конусовидные частицы одинаково часто встречаются и в луговых и в степных сообществах.

Трихомы – наиболее убедительные формы индикации луговых сообществ, однако их количество в суходольных лугах ненамного превышает количество трихом в некоторых степных сообществах.

Полилопастные трапецевидные частицы могут выступать как дополнительный индикатор луговых сообществ наряду с трихомами.

Крестообразные короткие частицы мало представлены во всех фитоценозах, т.к. виды родов производящие эту форму (*Panicum*, *Setaria*), на исследованных участках не встречаются.

Полученные результаты могут использоваться в палеоэкологических реконструкциях на территории Алтайского края.

ЛИТЕРАТУРА

- Гальцова Т.В., Сперанская Н.Ю. 2013. Разнообразие фитоцитов *Panicum miliaceum* L. и *P. ruderae* (Kitag.) Chang., произрастающих на территории Алтайского края // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. С. 67–69.
- Гольева А.А. 2001. Фитоциты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. Сыктывкар. 200 с.
- Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Князев А.В. 1989. История степных экосистем Монгольской Народной Республики. М: Наука. 215 с.
- Кумина А.В., Вагина Т.А., Лапшина Е.А. 1963. Геоботаническое районирование юго-востока Западно-Сибирской низменности // Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР. С. 35-62.
- Кумина А.В., Митрофанова М.П. 1963. Суходольные луга Приобья // Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР. С. 285-305.
- Соломонова М.Ю., Сперанская Н.Ю., Силантьева М.М., Митус А.А. 2015. Встречаемость фитоцитов в форме трапецевидных 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. 2014. Разнообразие фитоцитов ковылей (*Stipa*) юга Западной Сибири // Известия АлтГУ. Т. 1. № 3 (83). С. 89-94.
- Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Силантьева М.М. 2013. Трихомы и лопастные фитоциты растений как возможные индикаторы мезофильных сообществ при реконструкции растительности // Приволжский научный вестник. № 11 (27). С. 40-46.

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.

Fernandez H.M., Zucol A.F., Osterrieth 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.

THE SOIL PHYTOLITHS ANALYSIS OF MEADOW AND STEPPE PHYTOCENOSSES IN ALTAI REGION

Speranskaya N.Yu., Solomonova M.Yu., Geynrich Yu. V.

This article describes the phytoliths spectra of meadow and steppe phytocenoses from Altai region. The soil was taken from the three meadow plant communities and two steppe plant communities. Meadow plant communities were included upland meadows and abandoned field. Steppe plant communities were presented various options of fescue steppes. Soil samples were processed using the maceration method. Forms phytolites were counted using a light microscope. Quantity phytoliths from various samples was estimated to 200 pieces. We called phytolites according to international code of nomenclature phytoliths.

The species composition of dominant plant was described for every plant formation. Plant species: Bromopsis inermis, Elytrigia repens and genera Festuca are found in most phytocenoses.

The phytoliths of different plant taxa are of diverse specificity. 17 forms of phytoliths were allocated. Morphological types of phytoliths in various spectra from 13 and till 17 forms.

Different morphotypes of grass phytoliths are important diagnostic factors in soil analysis due to their ecological-phytocenotic specificity. Trapeziform short cells, trapeziform sinuates, bilobate short cells, trapeziform polylobates, trichomes, rondels are found in all phytocenoses. Grasses are produced these phytolites.

Phytoliths spectra from soils of the Altai region were compared with the composition of phytoliths in soil of the European part of Russia which were published Gol'eva AA. We identified correspondence with between phytolith spectra of upland meadows from the Altai region and phytolith spectra of dry meadows from the European part of Russia.

Phytoliths spectra upland meadow communities had many phytoliths in the form: rondel, trichomes and long cells. Trapeziform polylobates are often founding. Phytoliths spectra steppe communities had many phytoliths in the form: trapeziform short cells, rondel. Trapeziform polylobates, trichomes found less often. Perforated rods are more likely to occur long cells as in the steppe and the meadow plant communities.

The basic result is correlation between phytocenoses and phytoliths spectra. The difference phytoliths spectra of meadows and steppes was found. The morphotypes of grass phytoliths of the south of Western Siberia are marked by specific eco-coenotic features.

The research may be useful for scientists in the field: archeology, ecology and paleoecology, paleobotany, pedology and paleo soil science, paleoclimatology.

The article has supporting data, for example, plant phytoliths photos, graphics of phytoliths spectra.

Keywords: phytoliths, phytolith spectra, steppe, upland meadow, paleoecology

Поступила в редакцию: 15.01.2016
Переработанный вариант: 15.04.2016