

УДК 631.4+58

ФИТОЛИТЫ ПОЧВ ТЕМНОХВОЙНЫХ ГЕМИБОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Гаврилов Д.А.¹⁾, Лойко С.В.²⁾

¹⁾ ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск

²⁾ Национальный исследовательский Томский государственный университет

denis_gavrilov@list.ru

Проведенный сравнительный анализ фитолитных комплексов геохимически сопряженных и эволюционно-генетических рядов почв двух морфоскульптур (Васюганская наклонная и Колывань-Томская равнины) лесных ландшафтов юга Западной Сибири показал возможность использования фитолитного анализа в решении почвенно-эволюционных вопросов. Результаты исследования обработаны методом главных компонент. Выявлены факторы, повлиявшие на изменения фитоценозов и типов почвообразования в регионе на протяжении второй половины голоцена. Изменения состава фитоценозов определялись сменой климата и частотой пожаров. Лугово-болотная и луговая стадии почвообразования более ярко выражены в фитолитных комплексах почв Васюганской равнины. Гидроморфное и полугидроморфное почвообразование на Колывань-Томской равнине имело локальное распространение (только в почвах пониженных форм рельефа). Кроме того, на растительный покров Колывань-Томской дренированной равнины значительное влияние оказывал пирогенный фактор.

Ключевые слова: фитолиты, текстурно-дифференцированные почвы, гидрометаморфические почвы, эволюция почв, темнохвойный гемибореальный лес, подтайга, Западная Сибирь.

Цитирование: Гаврилов Д.А., Лойко С.В. 2016. Фитолиты почв темнохвойных гемибореальных лесов юго-востока Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1 (13). С. 41-53.

ВВЕДЕНИЕ

Темнохвойные гемибореальные леса распространены в пределах Западно-Сибирской равнины в подзоне южной тайги, где приурочены к автоморфным и полугидроморфным текстурно-дифференцированным, часто остаточного гумусового и органо-аккумулятивному почвам [Гаджиев, 1982; Дюкарев, 2005; Дюкарев, Пологова, 2011]. В предгорьях и низкогорьях Алтае-Саянской горной страны эти леса занимают нижнюю ступень высотной поясности, формируя пояс т.н. черневой тайги на глубокоподзолистых почвах. В эколого-флористическом отношении эти леса предложено объединить в новый класс растительности *Milio effusi – Abietetea sibiricae* [Лацинский, Королук, 2015]. В древостое этих лесов на поздних стадиях сукцессий доминирует пихта, в травяно-кустарничковом ярусе травянистые многолетники, а мохово-лишайниковый ярус практически отсутствует. Подобное решение о выведении равнинных южнотаежных лесов из бореальной растительности и их объединение в один класс с гемибореальными предгорными темнохвойными лесами логично, и очень хорошо согласуется с почвенными данными, а именно со взглядами Горшенина [1955], объединявшего в понятие «южная тайга» Западной Сибири две «зоны»: (1) зону южной тайги с подзолистыми, дерново-подзолистыми и болотными почвами в равнинных условиях Западно-Сибирской низменности; (2) зону южной тайги с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами в условиях плосковершинных возвышенностей. Таким образом, «южная тайга» по К.П. Горшенину территориально совпадает с локализацией класса *Milio effusi – Abietetea sibiricae*.

Леса рассматриваемого класса растительности располагаются в сфере голоценового экотона лес – степь, характеризующегося динамичностью изменений географической среды в прошлом, что выразилось в наиболее сложной и контрастной эволюции почв и почвенного покрова. Почвы этого экотона прошли темногумусовую стадию, сменившуюся в среднем и позднем голоцене стадией активной текстурной дифференциации автоморфных почв, и гидрогенной трансформации почв по периферии разрастающихся болот. В результате этого минеральные почвы региона имеют полигенетичный облик, что зафиксировано в сложном строении их органо-профилей.

Многообразие вариантов морфологического строения почв, обусловленное сочетанием современных и реликтовых признаков, явилось основанием для длительной дискуссии об их происхождении [Драницын, 1914; Пономарева, Точельникова, 1968; Будина, Ерохина, 1969; Добровольский и др., 1969; Нечаева, Лайвиньш, 1970; Уфимцева, 1974; Караваева, 1978; Гаджиев, 1982; Дюкарев, 2005; и др.]. Среди реликтовых свойств выделяют высокую гумусированность, различие качественного состава гумуса между современным и остаточно-гумусовым горизонтами, наличие кротовин, остаточную солонцеватость, карбонатность и осолодение. Наложение подзолистого процесса во второй половине голоцена и параллельное широкое развитие заболачивания на юге лесной зоны Западно-Сибирской равнины [Дюкарев, Пологова, 2005] значительно усложняют картину эволюционного хода почвообразовательного процесса в голоцене. Поэтому использование новых маркеров для проведения реконструкции изменения условий почвообразования на хорошо уже изученных объектах должно помочь решению вопроса развития компонентов почвенного покрова Западной Сибири в голоцене. Одним из таких биологических маркеров являются фитолиты в почвах [Динесман и др., 1989; Гольева, 2001; Гольева, 2008; Бобров, 2003].

Цель работы состоит в корректировке голоценовой истории остаточно-гумусовых почв на юге лесной зоны Западной Сибири согласно данным фитолитного анализа почв. Задачей данной работы является рассмотрение первых результатов по изучению разнообразия фитолитов автоморфных и полугидроморфных почв темнохвойных гемибореальных лесов юга Западной Сибири с оценкой возможности использования фитолитов этих почв для решения вопросов эволюции почв.

Фитолитное изучение почв лесов класса *Milio effusi – Abietetea sibiricae* имеет свою историю. Пионерные работы в этой области принадлежат Л.Е. Новороссовой [1951]. Интересные исследования с использованием фитолитного анализа были проведены Г.В. Добровольским и С.А. Шобой [1978]. Авторами использованы фитолиты для проведения палеорекострукции условий формирования вторых гумусовых горизонтов Западной Сибири. Интерпретация материалов авторами проведена согласно классификации фитолитов Твисса [Twiss et. al., 1969]. Позднее эта работа была продолжена только на европейской территории России А.А. Гольевой [1987, 2001, 2008], Г.В. Добровольским с соавторами [1988], А.А. Бобровым с соавторами [1991], Е.К. Бобровой [1995], а восточный ареал распространения почв со сложным строением органопрфиля южно-таёжной подзоны и зона подтайги остались вне поля зрения фитолитологов. В данной работе нами сделана попытка устранить этот пробел.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выборе объектов исследования руководствовались следующими предпосылками: (1) В пределах класса растительности *Milio effusi – Abietetea sibiricae* имеются близкие экологические условия, а, следовательно, должны формироваться современные однотипные фитолитные комплексы, отражающие мезофитные теневые условия под лесом и мезофитные световые после исчезновения древостоя (пожары, распад древостоя в результате инвазий насекомых-вредителей, и др.). Данные фитолитные комплексы соответствуют осветленным почвенным горизонтам. (2) Как считается, наличие темногоумусовых реликтов связано с существованием в прошлом существенно иных экологических условий и растительности, а, значит, и фитолитных комплексов. Следовательно, можно ожидать наличие контрастных фитолитных комплексов, связанных с древней темногоумусовой стадией педогенеза и современных. (3) Предгорная и равнинная части современного ареала класса *Milio effusi – Abietetea sibiricae* существенно различаются по геоморфологическим условиям, степени дренированности, а, следовательно, остаточно-гумусовые горизонты в предгорной части рассматриваемого класса не проходили стадию займищных темноцветных почв (гипотеза формирования почв со вторыми гумусовыми горизонтами К.Д. Глинки и Б.Ф. Петрова). Реликтовые фитолитные комплексы, если степень увлажненности играла какую-то роль, должны отличаться в предгорной и равнинной частях ареала рассматриваемого эколого-флористического класса лесов. (4) Фитолитные профили почв несут информацию о локальных условиях почвообразования и имеют пространственное разрешение, совпадающее по масштабу с уровнем выявления микрорельефа. В границах предгорной части ареала класса *Milio effusi – Abietetea sibiricae* в пределах элементов микрорельефа характер растительности практически не меняется. В то время как в равнинной его части в понижениях рельефа располагаются заболоченные почвы и развивается растительность класса *Vaccinio-Piceetea* [Лашинский, Королук, 2015], поэтому в равнинной части ареала современные фитолитные спектры должны быть более контрастными, это справедливо и для

реликтовых спектров, так как в условиях плоской равнины роль микрорельефа всегда более весома в дифференциации экологических условий и типов почв, чем в более дренированных предгорных равнинах.

Исходя из (1) и (2) выбирали почвы как с хорошо выраженными реликтовыми остаточного-гумусовыми горизонтами, так и те почвы, где этот горизонт отсутствует; (3) – подобрали два ключевых участка, в равнинной и предгорной частях ареала темнохвойных гемибореальных лесов; (4) – в пределах каждого из ключевых участков почвенные разрезы закладывали по катенам.

Первый ключевой участок расположен на Васюганской наклонной равнине, где на автоморфных почвах, распространенных лишь в приречных частях междуречий, преобладают равнинные леса союза *Carici macrourae – Abietetea sibiricae* [по: Лашинский, Королюк, 2015]. Второй участок заложен на вершине Томь-Яйского междуречья Колывань-Томской равнины под лесами союза *Milio effusi – Abietetea sibiricae*, занимающего нижний пояс высотного спектра поясности гумидных районов гор Алтае-Саянской горной области (рис. 1).

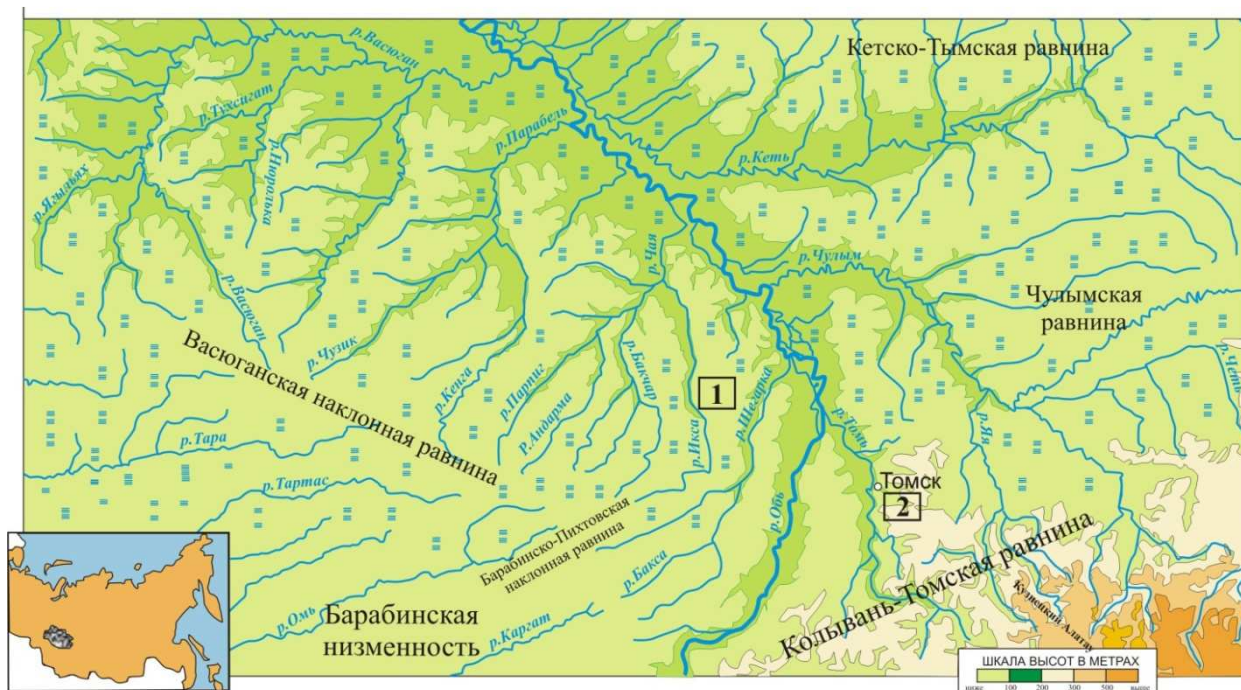


Рис. 1. Карта районов исследования. Условные обозначения: 1 – район Южно-таёжного стационара ИПА СО РАН (Васюганская наклонная равнина); 2 – Томь-Яйский водораздел (Колывань-Томская равнина)

В дренированных позициях Васюганской наклонной равнины развиваются дерново-подзолистые и дерново-подзолистые остаточного-гумусовые почвы, сменяющиеся по мере ухудшения дренажа широким спектром гидрометаморфических и торфяных почв с различной сохранностью остаточного-гумусового горизонта [Дюкарев, Пологова, 2011]. Колывань-Томская равнина занята подтаежными сосново-мелколиственными лесами на темно-серых и серых почвах [Хмелев и др., 1988]. По её наиболее высоким отметкам, в пределах Томь-Яйского междуречья, где и заложен второй ключевой участок, распространены преимущественно дерново-подзолистые и светло-серые сверхглубокосветленные почвы, сменяющихся в ложбинах серыми и темно-серыми остаточного-гумусовыми почвами [Лойко и др., 2015]. Общими для рассматриваемых морфоструктур являются схожие растительность и изменения свойств почв по катенам (смена осветленных почв более гумусированными в понижениях микрорельефа) и сложное строение гумусового горизонта в полугидроморфных почвах, что обусловлено изменениями условий климата на протяжении атлантического и суббореального периодов голоцена [Петров, 1937; Гаджиев, 1982; Хмелев и др., 1988; и др.].

Период формирования вторых гумусовых горизонтов региона относится к периоду 7–6 тыс. л.н. [Точельников, 1970; Добровольский и др., 1970; Василенко, 1973].

В пределах первого ключевого участка катена заложена на пологоувалистом переходе от водораздела к пойме р. Икса от элювиальной позиции к транс-аккумулятивной (Бакчарский район Томской области). В каждом секторе микрокатены закладывали разрез без явных морфологических признаков ветровальных явлений, вскрывающий элювиальную и верхнюю часть иллювиальной

толщи профиля (ниже границы второго гумусового горизонта). В элювиальной и транзитной позициях катены вскрыты дерново-подзолистая и дерново-подзолистая остаточнo-гумусовая почвы. В транс-аккумулятивной позиции развивается органо-аккумулятивная серогумусовая остаточнo-гумусовая почва [по: Дюкарев, Пологова, 2011].

На Колывань-Томской дренированной равнине изучение почв было проведено на вершине Томь-Яйского междуречья (Томский район Томской области). Объект исследования - эволюционно-сопряженный ряд текстурно-дифференцированных почв, представляющий собой эволюционные этапы деградации среднеголоценового гумусово-аккумулятивного горизонта [Хмелев и др., 1988]. Ряд представлен дерново-подзолистой глубокоосветленной остаточнo-гумусовой, серой типичной и серой остаточнo-гумусовой и тёмно-серой остаточнo-гумусовой почвами.

Почвообразующими породами для изученных почв являются облессованные иловато-пылеватые тяжелые суглинки и легкие глины субэарального происхождения [Дюкарев, 2005].

В работе при характеристике разной сохранности и морфологической выраженности признаков гумусово-аккумулятивного этапа почв индексом «НН» обозначены остаточнo-гумусовые (вторые гумусовые) горизонты, а индексом «hh» – остаточнo-гумусированные. В случаях отсутствия сплошного горизонта, когда признаки остаточной гумусированности проявлялись в виде морфонов (пятен) в области контакта элювиальных и текстурных горизонтов, использован признак «hh» [Классификация почв ..., 2004].

Образцы на фитолитный анализ отбирались согласно рекомендациям А.А. Гольевой [2012] через каждые 5 см мощностью 1 см с соблюдением генетических границ горизонтов. В лабораторных условиях были выделены фитолиты из пылеватой фракции почв согласно общепринятой методике [Гольева, 2008]. Подсчет фитолитов производился на площадь покровного стекла размером 24x24 мм. При описании форм фитолитов была использована Международная номенклатура фитолитов (ICPN 1.0) [Madella et. al., 2005] и номенклатура А.А. Гольевой [2001] с последующей их группировкой на диагностические группы фитолитов по А.А. Гольевой [2001; 2008; 2012]: фитолиты класса двудольных растений (*Dicotyledoneae*), группы фитолитов злаков (луговых, лесных, степных), фитолиты отдельных родов (*Phragmites* spp.) и семейств растений (*Pinaceae* sp.), являющихся «сигнальными» формами при идентификации конкретного фитоценоза.

Для определения различия и схожести экологических условий формирования групп почв различных морфоскульптур по фитолитным спектрам был применен многомерный статистический анализ данных. В программе PAST 2.17 был выполнен анализ главных компонент, представляющих собой линейные комбинации взаимно скоррелированных признаков (концентрации форм фитолитов, фитолитные комплексы и общей суммы фитолитов в образце). Цель данного метода заключается в обнаружении скрытых общих факторов, объединяющих связь между наблюдаемыми параметрами (характеристиками) объектов. Была выдвинута гипотеза, что существуют определенные сочетания параметров (факторы), характеризующие изменения в условиях почвообразования как внутри геохимически сопряженных групп почв или эволюционно-генетического ряда почв, так и между группами почв двух геоморфологических образований (Васюганская и Колывань-Томская равнины). Объединение объектов по подобию факторов должно позволить выявить однотипные группы объектов и признаки, характеризующие их.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разнообразие фитолитов в почвах тёмнохвойных гемибореальных лесов

В работе Г.В. Добровольского и С.А. Шобы [1978] на территории исследования в почвах выделено семь видов фитолитов и подчеркнуто, что это не перекрывает возможного всего разнообразия фитолитов в почвах и растениях юга лесной зоны.

При изучении основных типов почв региона нами было выделено 14 групп фитолитов, которые включают в себя определенный морфотип фитолита или группу морфологически близких фитолитов. При описании морфологических особенностей фитолитов использованы основные параметры ICPN 1.0 (характеристика формы в 2D и 3D проекциях и характер поверхности), а также номенклатура А.А. Гольевой [2001] для характеристики разновидностей концов (apex), так как в первой номенклатуре данного параметра нет.

Наиболее разнообразной группой фитолитов являются удлиненные (Elongate) морфотипы, среди которых выделены виды, отличающиеся размером и характером рисунка поверхности и краев (гладкие (smooth), иглистые (echinate), ямчатые (scrobiculate), дендровидные (dentritic)) (рис. 2, I).

Наиболее крупные их виды (рис. 2, I, 1, 5а, 5б) обуглены или встречаются в образцах с большой концентрацией микроугольков. Эта группа фитолитов является наиболее характерной для класса двудольных растений [Гольева, 2001].

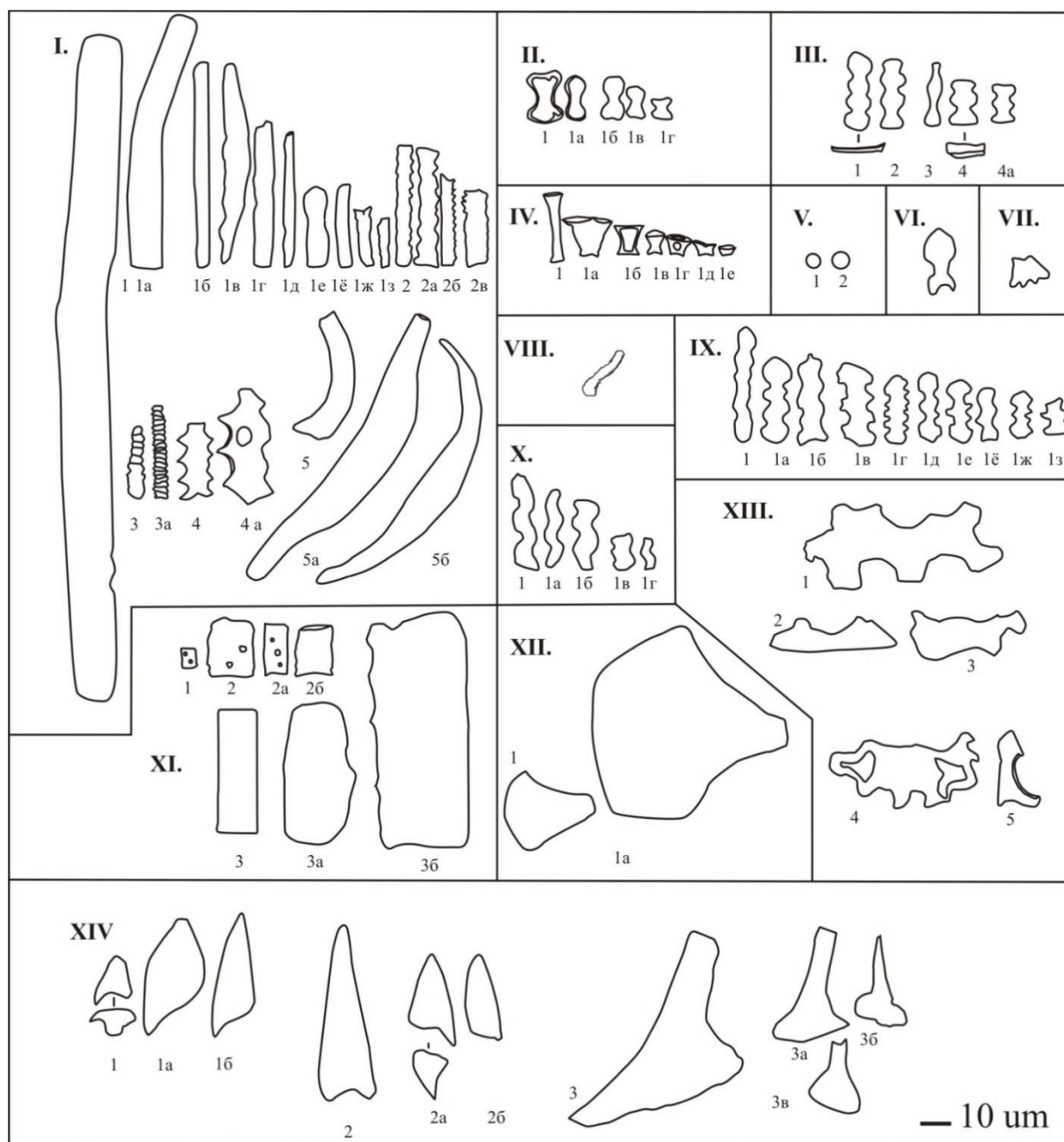


Рис. 2. Разнообразие фитолитов в почвах темнохвойных гемибореальных лесов Западной Сибири: I – удлиненные, 1-1з – удлиненные гладкие; 2-2в – удлиненные иглистые; 3-3а – удлиненная ямчатая; 4-4а – удлиненная дендровидная; 5-5б – удлиненная изогнутая; II – двулопастные (1-1г); III – трапециевидные полилопастные симметричные (1-4а); IV – конусовидные усеченные (1-1е); V – округлые шарообразные; VI, VII, XIII – неизвестные формы; VIII – трахеида; IX – трапециевидная полилопастная ассиметричная; X – удлиненная извилистая; XI – параллелепипедовидные: 1 – параллелепипедовидная короткая; 2-2б – параллелепипедовидная; 3-3б – параллелепипедовидная крупная; XII – веерообразная (1-1а); XIV – трихомы: 1-1б – ланцетная с длинной остью; 2-2б – ланцетная; 3-3в – удлиненные крупные трихомы

Следующая группа представлена двулопастной формой (Bilobate) (рис. 2, II). Внутригрупповое морфологическое разнообразие небольшое. Отличия заключаются лишь в размере и степени округленности гантелей [Lu, Liu, 2003]. Данные виды входят в группу фитолитов, диагностирующие луговые злаки [Гольева, 2012].

Трахеиды (Tracheid) встречаются редко (рис. 2, VIII) и ранее в почвах региона не описаны.

Группы полилопастных трапециевидных симметричных (рис. 2, III) и асимметричных форм (рис. 2, IX) фитолитов морфологически изменчивы из-за количества лопастей и характера окончаний (округлый, уплощенный и выпуклый). Первая группа встречается чаще всего в луговых злаках, а вторая – в лесных.

Группа конусовидных усеченных (рис. 1, IV) разнообразна по размерам и характеру основания – вогнутого овального и ровного овального.

Округлый шарообразный (Globular) морфотип имеет ровную поверхность и малые размеры (рис. 2, V). Встречается только во мхах [Гольева, 2001].

Фитолиты группы удлинённых извилистых (Elongate polylobate) (рис. 1, X) различаются лишь размерами (длина, толщина) и входят в фитолитный комплекс лесных злаков.

Группа параллелепипедовидных форм (Parallelepiped) (рис. 2, XI) разнообразна по размерам (параллелепипедовидные короткие, параллелепипедовидные, параллелепипедовидные крупные) и характеру поверхности (ямчатая (scrobiculate) и ровная). Данная группа имеет диагностическое значение для определения хвойных пород деревьев в составе фитоценоза (параллелепипедовидная короткая) и субквальных условий – *Phragmites* spp. (параллелепипедовидная крупная). Другая форма, характеризующая тростник – веерообразный морфотип (рис. 2, XII).

Трихомы (Lanceolate) (рис. 2, XIV) разделяются на три вида, отличающихся друг от друга соотношением длины и ширины и длиной окончания ости. Наиболее короткая форма с длинной остью (рис. 2, XIV, 1-1б) диагностирует луговые злаки, а более вытянутая форма с коротким окончанием ости (рис. 2, XIV, 2-2б) – группу лесных злаков [Гольева, 2012]. Отдельно выделены фитолиты волосков опушения в виде крупных трихом сорной растительности (конопля, крапива) (рис. 2, XV, 3-3в).

Были обнаружены и не определены подходящие названия фитолитов согласно ICPN 1.0 для следующих групп, изображенных на рис.2, VI, VII и XIII. Поэтому они изображены в фитолитных спектрах как «неизвестные формы» (рис. 3 и 5).

Фитолитные профили почв Васюганской наклонной равнины

Дерново-неглубокоподзолистая со вторым гумусовым горизонтом (Эл). В горизонте АУ в фитолитном комплексе большая часть фитолитов принадлежит классу двудольных трав и группам лесных и луговых злаков при преобладании последних, а так же фитолитам мхов и хвойных пород деревьев. Кроме того, среди фитолитов доля обугленных форм составляет 7% (рис. 3, А).

Горизонт ЕL характеризуется тем же набором фитолитов, что и вышележащий горизонт. Но отличает его – возрастание концентрации фитолитов. В верхней границе горизонта наблюдается пик в распределении обугленных фитолитов (18%). Кроме того, диспропорция в соотношении лесных злаков и луговых становится больше в пользу последних (в 4–6 раз).

Таким образом, по данным фитолитного анализа начало почвообразования и наиболее активный его этап связан с лугово-лесной стадией, что отражено в преобладании луговых злаков над лесными. В древостое следует отметить наличие хвойных пород деревьев на всем протяжении процесса почвообразования. В формировании фитоценоза определенную роль играли пожары, особо участвовавшие к нашему времени.

Во втором гумусовом горизонте резко уменьшается количество фитолитов, что диагностирует переход к минеральному горизонту. Наличие небольшого скачка в распределении фитолитов в нижней части горизонта (лаб. № 298, рис. 3, А) следует связать с деятельностью дождевых червей, по ходам которых был перемещен гумусовый материал вниз и соответственно, содержащиеся в нем фитолиты.

Высокое содержание фитолитов в горизонте ЕL, в совокупности с фрагментарной сохранностью второго гумусового горизонта, позволяет предположить, что исходно мощность ВГГ была больше, но в процессе эволюции по подзолисту типу процессами кислотного гидролиза органическое вещество было разрушено. Сохранились лишь фрагменты в нижней части горизонта, где интенсивность подзолообразования была ниже. Единственным «свидетелем» самого факта существования и былой мощности древнего гумусового горизонта является количественный максимум фитолитов, при абсолютном преобладании луговых форм с включением степных. Очевидно, ранее на данном месте была хорошо развитая луговая почва с элементами степного разнотравья.

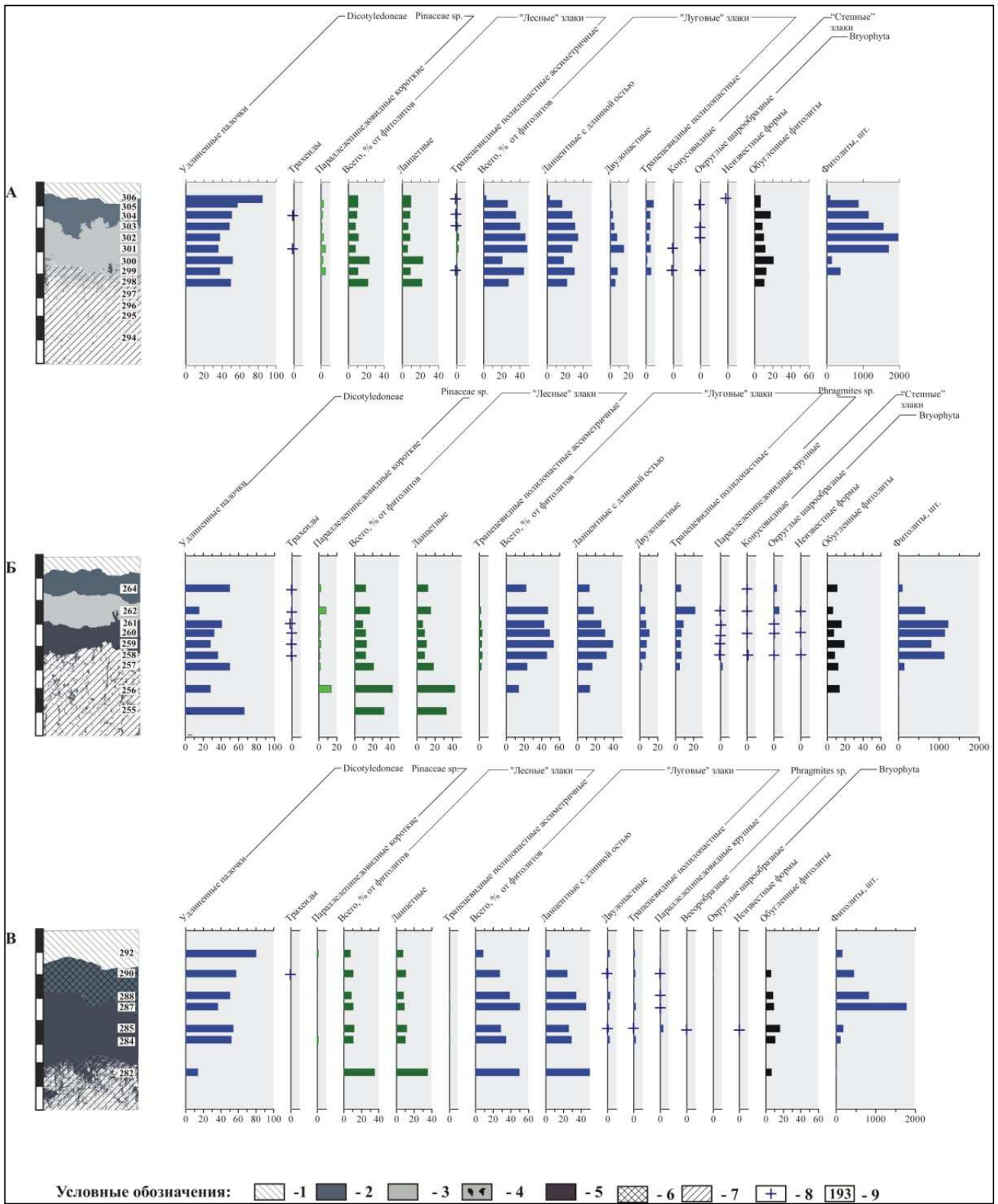


Рис. 3. Фитолитные профили почв Васюганской наклонной равнины (%). Условные обозначения: Почвы: А – дерново-неглубокоподзолистая со вторым гумусовым горизонтом среднекарбонатная тяжелосуглинистая почва на карбонатных глинах (Эл); Б – дерново-мелкоподзолистая со вторым гумусовым горизонтом среднекарбонатная легкосуглинистая почва на карбонатных глинах (Тр); В – органо-аккумулятивная серогумусовая со вторым гумусовым горизонтом легкосуглинистая почва на карбонатных породах (ТрАк). Горизонты: 1 – О; 2 – АУ; 3 – ЕL; 4 – ЕLhh; 5 – НН; 6 – Аel; 7 – ВТ; 8 – содержание менее 1%; 9 – лабораторный номер образца

Дерново-мелкоподзолистая со вторым гумусовым (Тр). В транзитной позиции фитолитный комплекс характеризуется теми же чертами, что и в элювиальной: наличие фитолитов лесных и луговых злаков при доминировании последних по всей гумусово-элювиальной части почвы (в 3,5–3,8 раза) (рис. 3, Б). Но в горизонтах EL, НН и НН/ВТ в небольшом количестве обнаружены крупные параллелепипедовидные морфотипы фитолитов тростника (*Phragmites* spp.), что говорит о периодически более влажных условиях функционирования профиля. Обнаруженные фитолиты хвойных пород в этих же горизонтах отражают смену фитоценоза – от интразонального лугово-болотного фитоценоза к заболоченному лесу и к хвойному автоморфному лесу.

Органо-аккумулятивная серогумусовая со вторым гумусовым горизонтом (ТрАк). В ходе изучения фитолитного профиля почвы отмечается тот же набор фитолитов, что и рассмотренных выше позициях катены. Фитолитный профиль имеет больше схожих черт в строении с дерново-подзолистой почвой транзитной позиции, чем с элювиальной: преобладание луговых злаков над лесными в гумусово-элювиальной части профиля (в 3–5 раза) и наличие фитолитов тростника во втором гумусовом горизонте (рис. 3, В). В распределении фитолитов обнаружено увеличение их числа в горизонте НН, причем в верхней его части имеется резкий переход к снижению концентрации. Данная особенность отражает более резкую смену в условиях функционирования почвенного профиля в отличие от транзитной позиции, где эта смена была более растянутой во времени, что нашло отражение в плавном уменьшении фитолитов по профилю.

Согласно результатам анализа главных компонент (рис. 4) фитолитные спектры образцов почв Васюганской наклонной равнины занимают обширную область, границы которой определяются в следующем порядке признаков: веерообразный и параллелепипедовидный крупный морфотипы фитолита тростника – фитолитный комплекс лесного фитоценоза (ланцетная с короткой остью (лесная трихома – по А.А. Гольевой) и трапециевидный полилопастной асимметричный) – фитолитный комплекс лугового фитоценоза (ланцетная с длинной остью (луговая трихома – по А.А. Гольевой), трапециевидный полилопастной и двулопастной морфотипы).

Расположение в таком порядке признаков и объектов относительно них диагностируют по катене смену условий почвообразования от лугово-болотного, лугово-лесного к лесному фитоценозу в ряду от транс-аккумулятивной позиции к элювиальной.

Полученные выводы соответствуют ранее предложенным общим схемам эволюции условий почвообразования для почв лесов класса *Milio-effusi – Abietea sibiricae* [Уфимцева, 1974; Караваева, 1978; Дюкарев, 2005; и др.].

Фитолитные профили почв Колывань-Томской дренированной равнины

Дерново-неглубокоподзолистая среднесуглинистая почва со вторым гумусовым горизонтом. В серогумусовом горизонте (нижняя часть) набор фитолитов не выходит за рамки того разнообразия, что представлено в горизонтах АУ Васюганской наклонной равнины (рис. 5, А). В соотношении лесных и луговых злаков наблюдается небольшой перевес в сторону луговых (в 2 раза). Присутствуют фитолиты хвойных (более 3%).

В элювиальном горизонте диспропорция в соотношении луговых и лесных злаков увеличивается, но при этом не наблюдается пика в концентрации фитолитов, характерного для лугово-лесной стадии функционирования почв Васюганской наклонной равнины.

Во втором гумусовом горизонте наблюдается обратная картина в соотношении злаков: преобладание лесных над луговыми, что однозначно позволяет определить лесную стадию почвообразования. Кроме того, доля хвойных пород здесь выше относительно вышележащей толщи почвы (7–8%).

По всему профилю зафиксированы пики в концентрации обугленных фитолитов, количество которых достигает 30–40% от всех фитолитов, маркируя сильные пожары.

Серая среднесуглинистая типичная и остаточно-гумусированная. Фитолитные профили серой почвы двух подтипов имеют общие черты (рис. 5, Б, В): относительно ровное распределение фитолитов лесных злаков и хвойных пород деревьев (2–2,5%), небольшое относительное преобладание луговых злаков над лесными (в 2 раза), большая доля обугленных фитолитов (до 20%) и слабая концентрация фитолитов в почвенной массе. В остаточно-гумусированной части гумусового горизонта имеется пик в распределении суммы фитолитов.

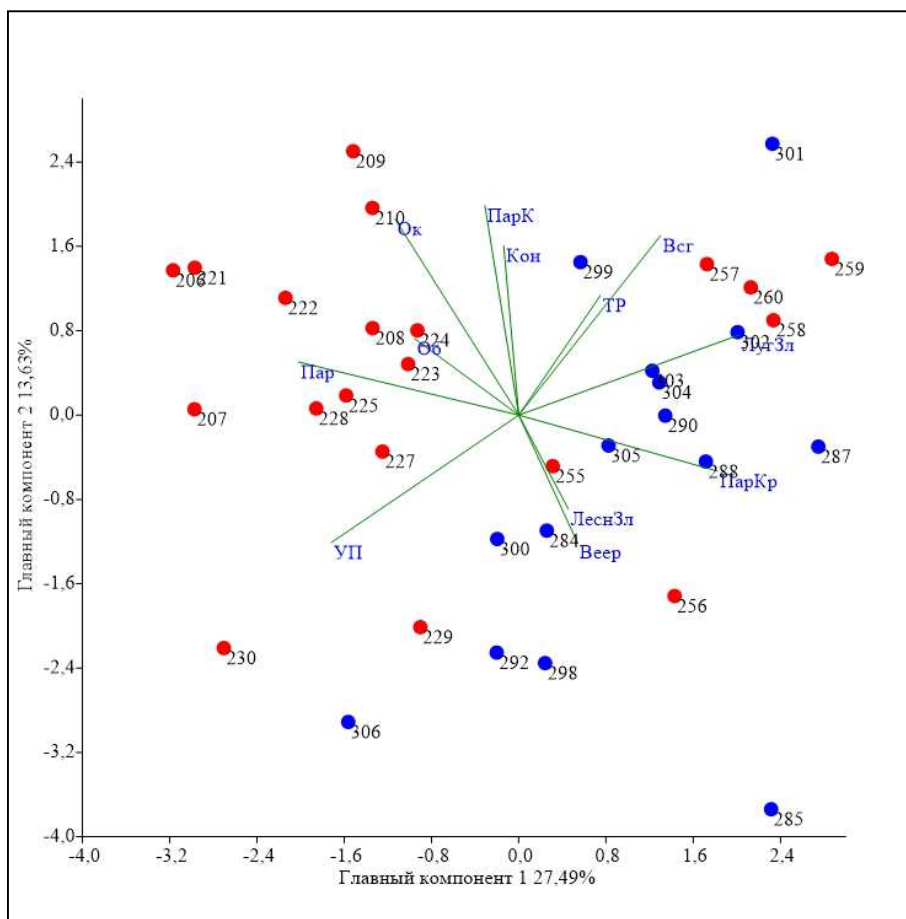


Рис. 4. Распределение образцов почв Васюганской наклонной (синий цвет) и Колывань-Томской равнины (красный цвет) в плоскости двух компонент, основанный на процентном соотношении морфотипов фитолитов и фитолитных комплексов (переменные) и суммы фитолитов в образце. Условные обозначения: УП – группа удлинённых палочек (*Dicotyledoneae*); Пар – параллелепипедовидная; ПарКр – параллелепипедовидная крупная (*Phragmites* spp.); Вегр – веерообразная (*Phragmites* spp.); ПарК – параллелепипедовидная короткая (*Pinaceae* sp.); ТР – трахеида; ЛеснЗл – группа фитолитов лесных злаков; ЛугЗл – группа фитолитов луговых злаков; Кон – конусовидная (степные злаки); Ок – округлые (*Bryophyta*); Об – обугленные фитолиты; Вег – общая сумма фитолитов в образце на площадь покровного стекла. Лабораторный номер образцов см. на рис. 3 и 5

Фитолитный профиль *тёмно-серой остаточно-гумусовой почвы* (рис. 5, Г) схож по составу с другими текстурно-дифференцированными почвами рассматриваемого ряда. Но есть качественные отличия от них. Среди них следует отметить преобладание луговых злаков над лесными (в 3 раза), наличие фитолитов тростника в нижней части гумусового горизонта и увеличение концентрации фитолитов в нижней части гумусового горизонта, относительно вышележащей части профиля.

Таким образом, тёмно-серая почва существовала в более контрастных условиях почвообразования. На первом этапе она прошла лугово-болотную стадию (фитолиты тростника), в последующем она сменилась на более продолжительную – луговую (преобладание луговых злаков) с зарастанием луговой почвы лесной растительностью на современном этапе (увеличение доли лесных злаков).

На графики главных компонент (рис. 4) фитолитные спектры образцов почв Колывань-Томской дренированной равнины расположены в границах области, характеризующейся следующими признаками: фитолиты тростника и лесных злаков – фитолиты двудольных трав (удлинённые), параллелепипедовидные, обугленные, округлые шарообразные (мхи) – фитолиты хвойных (параллелепипедовидные короткие клетки) (рис. 4). Расположение объектов относительно признаков не позволяет выявить единственного фактора определяющего изменения условий почвообразования в эволюционно-генетическом ряду почв, т.е. только с колебанием климата. Маятниковые изменения между луговым и лесным фитоценозом следует объяснить частотой и силой пожаров. В образцах тёмно-серой почвы (лаб № 194, 195 и 197, 198) отмечена смена между лугово-болотным и лугово-лесным фитоценозом. Расположение почвы в микропонижении позволяет предположить, что

причина изменения фитоценозов связана с углублением оврага и улучшением дренированности участка.

Таким образом, микробиоморфные профиля эволюционно-генетического ряда текстурно-дифференцированных почв Колывань-Томской дренированной равнины показали, что изменения в условиях почвообразования в ряду «дерново-подзолистая со вторым гумусовым горизонтом – серая типичная – серая остаточно-гумусовая» имеют неконтрастный характер и характеризуются маятниковыми изменениями между лесным и луговыми фитоценозами. Наиболее контрастные изменения в условиях почвообразования выявлены в тёмно-серой почве, занимающей более пониженный участок рельефа.

Сравнение фитолитных профилей почв Васюганской наклонной равнины и Колывань-Томской дренированной равнин

Почвы рассматриваемых геоморфологических образований в двух факторной плоскости занимают две самостоятельные области с общей зоной в центре (рис. 4).

На вторую компоненту приходится 13,63% от общей дисперсии признаков. Высокая корреляция с ним оказалась с фитолитами и фитолитными комплексами диагностирующие лугово-болотный, лугово-лесной и лесной (хвойный) фитоценозы, что позволяет связывать её изменениями климата на рубеже атлантического и суббореального периодов голоцена и улучшением условий дренированности территории [Караваева, 1978; Гаджиев, 1982, Дюкарев, 2005; Гаврилов, Гольева, 2014]. Основная группа объектов, коррелирующая со второй компонентой, относится к почвам Васюганской наклонной равнины.

На первую компоненту приходится 27,49% от общей дисперсии признаков. Высокая корреляция с ним имеется с признаком отсутствия или наличия пожаров на территории исследования. Образцы с обугленными фитолитами расположены в области с отрицательными координатами, а без признаков пожара – в положительной.

Таким образом, сравнение фитолитных комплексов почв двух морфоскульптур методом главных компонентов показало, что в их характеристиках имеются свидетельства луговой стадии почвообразования. Причем этот этап на Васюганской наклонной равнине был более продолжителен и имел повсеместное распространение, а на Колывань-Томской равнине луговая стадия распространена была локально и связана в первую очередь с почвами, которые получали дополнительный приток влаги в пониженных формах рельефа. Кроме того, следует отметить влияние пожаров на состав фитоценоза. Наибольшее количество обугленных фитолитов обнаружено в почвах Колывань-Томской равнины, что говорит о частоте и силе этого явления, по сравнению с территорией Васюганской наклонной равнины. Отсутствие естественных преград в виде болотных массивов на территории Колывань-Томской равнине способствовало сплошному распространению этого явления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных работ были описаны 14 морфологических групп фитолитов почв, диагностирующие лугово-болотный, лугово-лесной и лесной (хвойный) фитоценозы.

Изучение фитолитных профилей почв двух морфоскульптур южно-таёжной подзоны и черневой тайги показало, что изменения состава фитоценозов в голоцене определялись сменой климата и пожарами. Лугово-болотная и луговая стадии почвообразования более ярко выражены и повсеместно распространены на Васюганской равнине, где свидетельства этого выявлены во всех позициях катены, представляющей сочетание типичных типов почв региона. Гидроморфное и полугидроморфное почвообразование на Колывань-Томской равнине имело локальное распространение (только в почвах пониженных форм рельефа). Кроме того, на растительный покров Колывань-Томской дренированной равнины значительное влияние оказывал пирогенный фактор.

Таким образом, использование фитолитного анализа изученных почв позволило выявить как климатический фактор, определяющий общий тренд в изменении почвенного покрова, так и локальные факторы, оказывающие влияние на изменения условия почвообразования и соответственно типа почвы. Кроме того, данные фитолитного анализа помогли определить наличие и частоту пожаров.

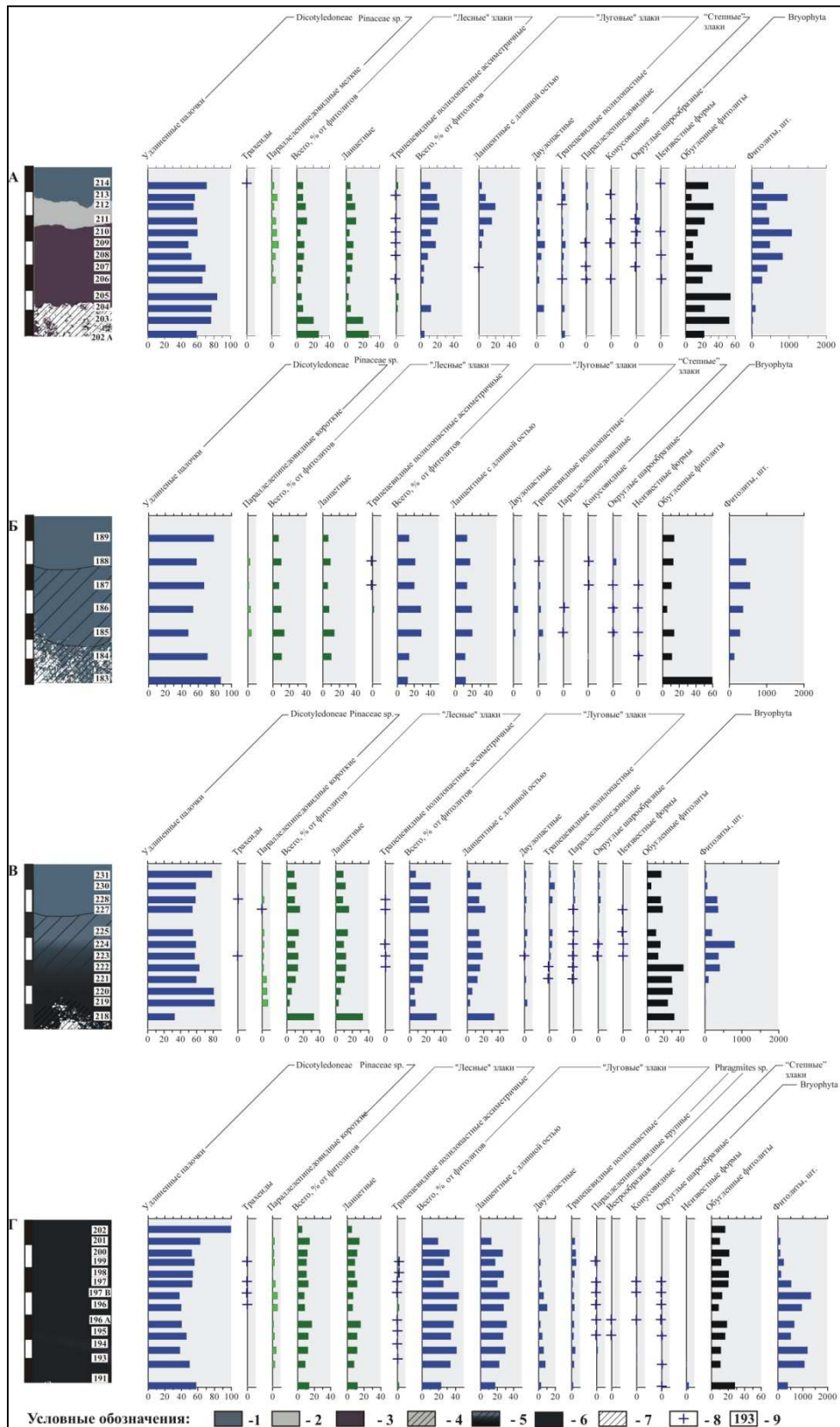


Рис. 5. Фитолитные профили почв Колывань-Томской дренированной равнины (%). Условные обозначения: Почвы: А – дерново-подзолистая глубокоосветленная среднесуглинистая почва со вторым гумусовым горизонтом на лёссовидной глине; Б – серая среднесуглинистая на лёссовидной глине; В – серая остаточно-гумусированная среднесуглинистая почва на лёссовидной глине; Г – тёмно-серая остаточно-гумусированная среднесуглинистая почва на лёссовидной глине. Горизонты: 1 – АУ; 2 – ЕЛ; 3 – НН; 4 – АЕЛ; 5 – АЕЛhh; 6 – АUhh; 7 – ВТ; 8 – содержание менее 1%; 9 – лабораторный номер образца

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов РФФИ №13-0590708 мол_рф_нр, №15-34-50073 мол_нр и №16-34-00325 мол_а.

ЛИТЕРАТУРА

- Бобров А.А. 2003. Микропалеонтологические методы в изучении биогенного кремнезема // Почвоведение. № 9. С. 1001-1008.
- Бобров А.А., Хилимонюк И.З., Чемеровская Е.К. 1991. Аккумуляция биогенного чернозема в разновозрастных почвах южной тайги // Почвоведение. № 8. С. 37-141.
- Боброва Е.К. 1995. Биогенный кремнезём почв сложного генезиса // Автореферат дисс. на соиск. науч. степени к.б.н. М. 18 с.
- Будина Л.П., Ерохина А.А. 1969. Генетические особенности дерново-подзолистых глееватых холодных почв со вторым гумусовым горизонтом Красноярского края // Почвоведение. № 10. С. 13-28.
- Гаджиев И.М. 1982. Эволюция почв южной тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 455 с.
- Гаврилов Д.А., Гольева А.А. 2014. Микробиоморфное исследование почв со вторым гумусовым горизонтом южно-таежной подзоны Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. № 2 (26). С. 5-22.
- Гольева А.А. 1987. Опаловые биолиты подзолистых почв средней тайги // Автореферат дисс. на соиск. науч. степени к.б.н. МГУ. 20 с.
- Гольева А.А. 2001. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. Москва, Сыктывкар, Элиста. 140 с.
- Гольева А.А. 2008. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: генезис, география, информационная роль. М.: УРСС. 256 с.
- Гольева А.А. 2012. Фитолиты - источник информации о природе хозяйственной деятельности народов в прошлом // Палеопочвы, природная среда и методы их диагностики / Добровольский Г.В., Дергачева М.И. (под ред.). Новосибирск: ЗАО «ОФСЕТ». С. 75-92.
- Гольева А.А., Александровский А.Л., Целищева Л.К. 1994. Фитолитный анализ голоценовых палеопочв // Почвоведение. № 3. С. 34-40.
- Гольева А.А., Бобров А.А., Шоба С.А. 1987. Аккумуляция биогенного кремнезема в биогеоценозах средней тайги // Серия препринтов «Научные доклады». Вып. 168. 23 с.
- Горшенин К.П. 1955. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). М.: Изд-во АН СССР. 592 с.
- Динесман Л.Г., Киселева Н.К., Князев А.В. 1989. История степных экосистем Монгольской Народной Республики. М.: Наука. 215 с.
- Добровольский Г.В., Афанасьева Т.В., Василенко В.И., Ремезова Г.Л. 1969. О генезисе и географии почв Томского Приобья // Почвоведение. № 10. С. 3-12.
- Добровольский Г.В., Шоба С.А. 1978. Растровая электронная микроскопия почв. М.: Изд-во Моск. ун-та. 144 с.
- Добровольский Г.В., Бобров А.А., Гольева А.А., Шоба С.А. 1988. Опаловые биолиты таежных биогеоценозов средней тайги // Биологические науки. № 2. С. 96-101.
- Драницын Д.А. 1914. Вторичные подзолы и перемещение подзолистой зоны на север Обь-Иртышского водораздела // Изв. Докуч. почв. ком. № 2. С. 1-34
- Дюкарев А.Г. 2005. Ландшафтно-динамические аспекты таёжного почвообразования в Западной Сибири. Томск: Изд-во НТЛ. 284 с.
- Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. 2004. Заболачивание и гидрогенная трансформация почв Васюганской равнины // Сибирский экологический журнал. № 6. С. 815-824.
- Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. 2011. Почвы Васюганской равнины со сложным органопрофилем // Почвоведение. № 5. С. 525-538.
- Караваева Н.А. 1978. Генезис и эволюция второго гумусового горизонта в почвах южной тайги Западной Сибири // Почвообразование и выветривание в гумидных ландшафтах. М.: Наука. С. 133-137.
- Керженцев А. С. 2006. Функциональная экология. М.: Наука. 259 с.
- Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск: Ойкумена. 342 с.
- Киселева Н.К., Ермолова Л.С. 1979. Использование фитолитов при изучении почв и растительности // Общие методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука. С. 170-187.
- Лашинский Н.Н. 2009. Растительность Салаирского кряжа. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 263 с.
- Лашинский Н.Н., Королук А.Ю. 2015. Синтаксономия темнохвойных зональных лесов южной тайги Западно-Сибирской равнины и гумидных низкогорий Алтае-Саянской горной области // Растительность России. № 26. С. 85-107.
- Лойко С.В., Герасько Л.И., Кулижский С.П., Амелин И.И., Истигечев Г.И. 2015. Строение почвенного покрова северной части ареала черневой тайги Юго-Востока Западной Сибири // Почвоведение. № 4. С. 410-423.
- Непряхин Е.М. 1977. Почвы Томской области. Томск.: Изд-во Том. ун-та. 438 с.
- Нечаева Е.Г., Лайвиньш М.Я. 1970. Закономерности пространственного распределения подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом // Доклады института географии Сибири и Дальнего Востока. Вып. 25. С. 38-48.
- Новороссова Л.Е. 1955. О биологическом накоплении кремнекислоты в почвах еловых лесов // Почвоведение. № 2. С. 115.
- Петров Б.Ф. 1937. К вопросу о происхождении второго гумусового горизонта в подзолистых почвах Западной Сибири // Труды Томского университета. Т. 92. С. 43-69.

Пономарева В.В., Точельников Ю.С. 1968. Некоторые данные о составе и свойствах гумуса и вопросы генезиса почв со вторым гумусовым горизонтом южной тайги Западной Сибири // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. Вып. 20. С. 23-32.

Точельников Ю.С. 1970. К характеристике абсолютного возраста второго гумусового горизонта дерново-подзолистых почв Западной Сибири // Доклады АН СССР. Сер. геолог. Т. 191. № 5. С. 1151-1152.

Турсина Т.В. 1989. О генезисе и литологической однородности текстурно-дифференцированных почв // Почвоведение. № 4. С. 5-19.

Уфимцева К.А. 1974. Почвы южной части таежной зоны Западно-Сибирской равнины. М.: Колос. 203 с.

Хмелев В.А., Панфилов В.П., Дюкарев А.Г. 1988. Генезис и физические свойства текстурно-дифференцированных почв. Новосибирск.: Наука. Сиб. отд-ние. 128 с.

Madella M., Alexandre A., Ball T. 2005. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0 // Annals of Botany. V. 96. P. 253-260. DOI:10.1093/aob/mci172. URL: www.aob.oupjournals.org.

Lu H., Liu K.-B. 2003. Morphological variations of lobate phytoliths from grasses in China and the south-eastern United States // Diversity and Distributions. V. 9. P. 73-87.

Parr J.F. 2006. Effect of fire on phytolith coloration // Geoarcheology. V. 21. Is. 2. P. 171-185.

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.

PHYTOLITHS IN SOILS OF HEMIBORIAL DARK CONIFEROUS FOREST IN SOUTHEAST OF WEST SIBERIA

Gavrilov D. A., Loiko S.V.

A comparative analysis of phytolith assemblages was conducted in the geochemically conjugate and evolutionary-genetic series of soils of two geomorphological units (the Vasyugan plain and Kolyvan-Tomsk plain) in forest landscapes of the south of West Siberia. Results were processed using Principal Component Analysis. Factors were discovered which influenced soil type and phytocoenotic changes during the second half of the Holocene. Changes of phytocoenoses composition were determined by climatic changes and frequent wildfires. Meadow-bog and meadow soil formation stages were more pronounced and widespread in the soil phytolith assemblages of the Vasyugan plains. Hydromorphic and semihydromorphic soil formation in the Kolyvan-Tomsk plain had a local distribution (only in soils of terrain depressions). In addition, the phytocoenosis of the Kolyvan-Tomsk plain was strongly influenced by fires.

Keywords: phytolith, texture-differentiated soils; hydromorphic soil; soil evolution, Hemiborial dark coniferous forest, West Siberia, *Milio Effusi- Abietetea Sibiricae*.

Поступила в редакцию: 15.01.2016
Переработанный вариант: 05.04.2016