

УДК 574

ВОДОРΟΣЛИ ПАЛЕОПОЧВЫ ПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ ЛЁССОВО-ПОЧВЕННОЙ СЕРИИ ПРИОБСКОГО ПЛАТО

Волкова И.Н.

ФГБОУ ВПО Новосибирский государственный педагогический университет

irinaognyova@yandex.ru

Исследование почвенных водорослей и влияния на них различных экологических факторов – одно из актуальных направлений в современной альгологии. В ходе альгологических исследований в палеопочве обнаружено 13 видов водорослей, которые относятся к 3 отделам, 4 порядкам, 4 классам, 6 семействам и 10 родам. Наибольшее число таксонов различного ранга наблюдается в отделе Chloophyta, представители которого составляют более половины всей флоры. Яркую картину фитоценотической организации дает соотношение жизненных форм, экологических групп и морфотипов, как основных характеристик спектра водорослевых группировок. Выявленные виды водорослей характерны в большей степени для лесных экосистем.

Ключевые слова: почвенные водоросли, палеопочва, фитоценотическая организация альгогруппировок.

Цитирование: Волкова И.Н. 2016. Водоросли палеопочвы плейстоценовой лёссово-почвенной серии Приобского плато // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1 (13). С. 34-40.

ВВЕДЕНИЕ

Все больший интерес у почвоведов, археологов и других ученых вызывают информационные функции почв [Темралеева и др., 2014; Barczietal., 2006; Kim, 2012]. Некоторые из них представлены особой способностью почв «записывать и запоминать» историю своего происхождения, историю тех изменений природных и антропогенных условий, в которых почва формировалась. Эти «следы прошлого» сохраняются в реликтовых гумусовых горизонтах, гипсовых, карбонатных, железистых новообразованиях, особых морфологических структурах, солевых горизонтах, предметах археологии, попавших в почву в прошлые времена. Оценка состояния обитающих в почве организмов, их биоразнообразия, имеет значение при решении задач мониторинга природной среды [Пивоварова и др., 2014а; Бачура, Благодатнова, 2015]. В частности, исследование почвенных водорослей и влияния на них различных экологических факторов – одно из актуальных направлений в современной альгологии [Кузяхметов, 2001; Благодатнова, 2010; Пивоварова и др., 2012].

Цель исследования – выявить особенности организации альгогруппировок палеопочвы (MIS-17) позднеплейстоценовой лёссово-почвенной толщи Приобского плато для возможного их использования для реконструкции условий почвообразования.

Для достижения цели были поставлены следующие *задачи*: (1) выявить видовой состав водорослей; (2) дать общую и сравнительную фитоценотическую характеристику группировок почвенных водорослей и (3) оценить возможность использования водорослей для диагностики условий формирования палеопочв.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в восточной части Приобского плато в пределах Алтайского края, где выделен ключевой участок «Володарка», расположенный южнее г. Барнаула возле одноименного села в течение полевого сезона 2013-2014 годов (рис. 1). На данном участке рекой Обь вскрыта лёссово-почвенная серия, время формирования которой приходится на MIS-13 и MIS-17 [Зыкин, Зыкина, 2012]. Нами была изучена самая древняя почва (разрез №4-13, 712-676 тыс. л. н.), которая расположена на краю склона, образованного при формировании долины р. Петушиха в месте ее впадения в р.Обь. Изученная толща представляет собой результат сложной истории формирования плато, в строении которой сохранились следы лёссообразования, синлитогенного почвообразования и современного элювиального почвообразования [Дергачева и др., 2011]. Верхняя часть толщи представляет собой эродированный чернозем южный (0-40 см), сформированный на лёссово-

почвенной толще, в состав которой включена погребенная палеопочва (110-180 см). Погребенная почва вскрыта до нижней границы гумусового горизонта, поэтому приводятся только морфологические характеристики этой части профиля: светло-палевый, сухой, тяжелый суглинок, плитчатый, вскипающий от 10% HCl, с кротовинами (рис. 2).



Рис. 1. Место расположения объекта исследования [https://www.google.ru/maps]



Рис. 2. Разрез №4-13 (Алтайский край Топчихинский район)

Почвенные пробы для определения видового состава водорослей отбирались с учетом всех правил альгологических сборов [Кузяхметов, 2000]. В ходе работы собрано 8 почвенных образцов с глубины 40-150 см, охватывающие лёсс и гумусовый горизонт палеопочвы. Пробы не отбирались в верхних горизонтах, так как данные почвы являются современными. Для диагностики видового состава использовали метод водных и чашечных культур, увлажняли почву дистиллированной водой [Благодатнова, 2014а].

Определение видового состава проведено с помощью микроскопа MICMED2.

Значимость отдельных видов в структуре альгогруппировок определялась исходя из активности видов [Кузяхметов, 2000], учитывающей обилие и встречаемость. «Работа» видов оценивалась через показатели эколого-ценотического значения (ЭЦЗ) [Кабилов, Шилова, 1990], рассчитанные на основе встречаемости и обилия, которые являются максимальными в доминантной и субдоминантной группе видов. Степень обилия видов оценивалась по 15-балльной шкале, встречаемость – в процентах [Кабилов, Шилова, 1990]. Жизненные формы водорослей проанализированы в соответствии с классификацией Э.А. Штиной (1969), морфотипов – Ж.Ф. Пивоваровой (1994).

Ch-форма – одноклеточные и колониальные зеленые и частично желтозеленые водоросли.

X-форма – одноклеточные желтозеленые водоросли (название от *Xanthophyta*).

B-форма – диатомовые (от названия *Bacillariophyta*).

H-форма – нитевидные зеленые и желто-зеленые водоросли.

При характеристике альгоценоза важно определить *тип морфологического строения* водорослей, играющих основную роль в ценозе. Для почвенных водорослей Ж.Ф. Пивоварова выделяет восемь морфотипов. Нами обнаружено 2 морфотипа:

Коккоидный (К) – одноклеточные и неподвижные водоросли.

Трихальный (Т) – нитчатые, включающие ветвящиеся и неветвящиеся, а также гетероцистные формы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе альгологических исследований в палеопочве обнаружено 13 видов водорослей, которые относятся к 3 отделам, 4 порядкам, 4 классам, 6 семействам и 10 родам. Наибольшее число таксонов различного ранга наблюдается в отделе *Chlorophyta*, представители которого составляют более половины всей флоры. Доля *Xanthophyta* в спектре составляет 38,5 %. В семейственном спектре доминирует *Pleurochloridaceae*. Представители семейств *Chlorococcaceae* и *Pleurochloridaceae* диагностируют достаточно низкую антропогенную нагрузки времени образования почвенного профиля. Одновидовые семейства составляют 15,4% от всей флоры. Среди диатомовых водорослей отмечено доминирование семейства *Naviculaceae*, что значительно для лесных экосистем [Шмелёв, 2009]. В головном спектре доминируют по числу видов такие рода, как *Pleurochloris*, *Botrydiopsis*, *Chlorococcum*, находясь в связанных рангах. Согласно многочисленным исследованиям виды рода *Chlorococcum* характерны для еловых лесов таежной зоны. Более половины спектра приходится на одновидовые роды (53,83%). Среди прочих, можно отметить виды рода *Bracteacoccus*, которые являются индикаторами кислых почв, характерных для хвойных лесов [Шмелев, 2009; Благодатнова, 2014; Пивоварова и др., 2014а]. В лёссовой толще почвенных водорослей не обнаружено.

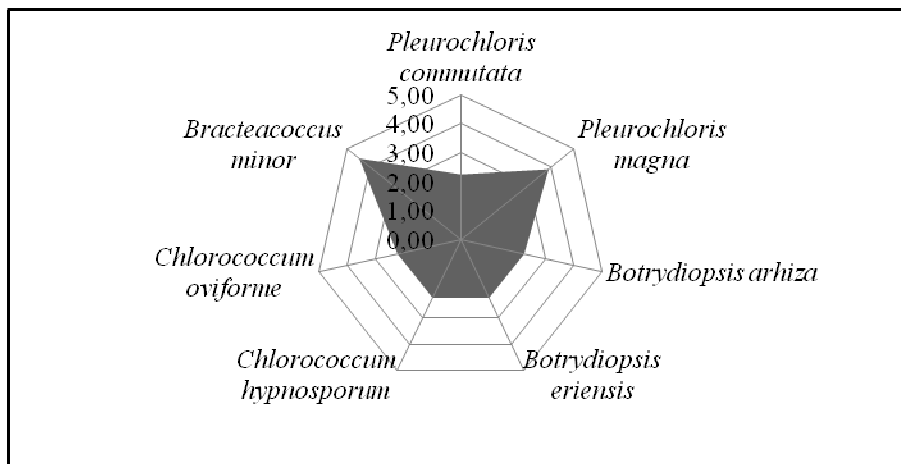


Рис. 3. Активность видов водорослей в погребенной палеопочве (Алтайский край Топчихинский район) (глубина 110-130 см)

Яркую картину фитоценотической организации дает соотношение жизненных форм, экологических групп и морфотипов, как основных характеристик спектра водорослевых группировок. Фитоценотическая организация альгогруппировок на различных глубинах погребенной палеопочвы имеет некоторые различия. В ходе исследования в палеопочвенном горизонте было выявлено 7 видов почвенных водорослей на глубине 110-130 см. Показатели активности и ЭЦЗ

позволяют выстроить четкую организацию альгоценоза (выявление доминантных и сопутствующих видов) (рис. 3, 4).

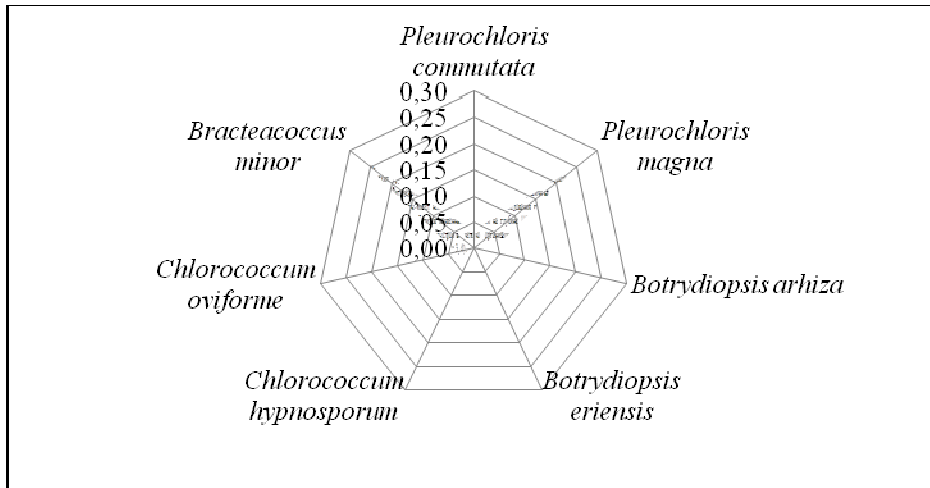


Рис. 4. ЭЦЗ видов водорослей в погребенной палеопочве (Алтайский край Топчихинский район) (глубина 110-130 см)

На глубине 110-130 см можно выделить следующие доминантные виды: *Bracteacoccus minor* (активность – 4,47, ЭЦЗ – 0,28) и *Pleurochloris magna* (активность – 3,87, ЭЦЗ – 0,25). *Bracteacoccus minor* относится к семейству *Neochloridaceae* отдела *Chlorophyta*. *B. minor* является одним из пионерных видов, заселяющих почвы и распространяется повсеместно, независимо от типа почв [Новаковская, Патова, 2011; Благодатнова, Кулятина, 2014; Пивоварова и др., 2014]. *Pleurochloris magna* принадлежит к семейству *Pleurochloridaceae* отдела *Xanthophyta*. Распространен на глинистых и песчаных почвах [Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Пивоварова и др., 2014а]. С минимальными значениями ЭЦЗ и активности выявлено 5 видов: *Pleurochloris commutata*, *Chlorococcum hypnosporum* со значениями активности – 2,24, а ЭЦЗ – 0,03. Их можно отнести к сопутствующим видам. *P. commutata* встречается на влажной почве [Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Благодатнова, 2015]. У всех видов отмечается корреляция в соотношении активность – ЭЦЗ (если высокая активность, то высокое ЭЦЗ и наоборот).

В ходе исследования в палеопочвенном горизонте на глубине 130-150 см определено 7 видов почвенных водорослей. Показатели активности и ЭЦЗ позволяют выстроить четкую организацию альгоценоза (рис. 5, 6). На глубине 130-150 см доминантными видами являются *Monallantus pyreniger* (активность – 5,48, ЭЦЗ – 0,5) и *Myrmecia bisecta* (активность – 3,87, ЭЦЗ – 0,03). У вида *Chlorella mirabilis* активность составляет 3,54, а ЭЦЗ – 0,16 и его можно отнести к субдоминантам. Остальные виды имеют активность равную 2,24, ЭЦЗ – 0,03. Эти виды можно отнести к сопутствующим видам.

Особенности формирования альгофлоры на разных глубинах можно рассмотреть через *спектр жизненных форм*. Следует отметить то, что на глубине 110-130 см не выявлено видов *B*- и *H*-форм. Как правило, *B*-форма представлена видами отдела *Vacillariophyta*, *H*-форма – виды трихального морфотипа. На данной глубине встречаются виды только *X*-формы (*Pleurochloris magna*) и *Ch*-формы (*Bracteacoccus minor*), т.е. водоросли отделов *Chlorophyta* и *Xanthophyta* (является доминирующим отделом).

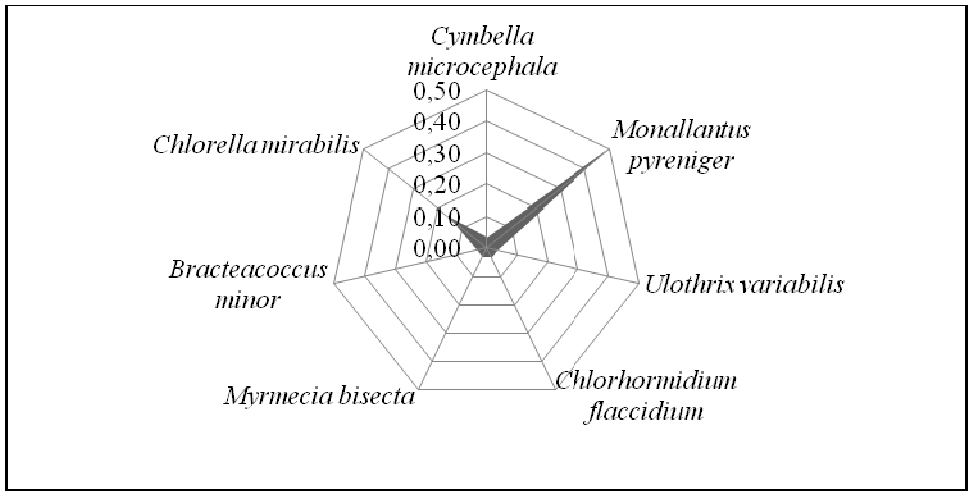


Рис. 6. ЭЦЗ видов водорослей в погребенной палеопочве (Алтайский край Топчихинский район) (глубина 130-150 см)

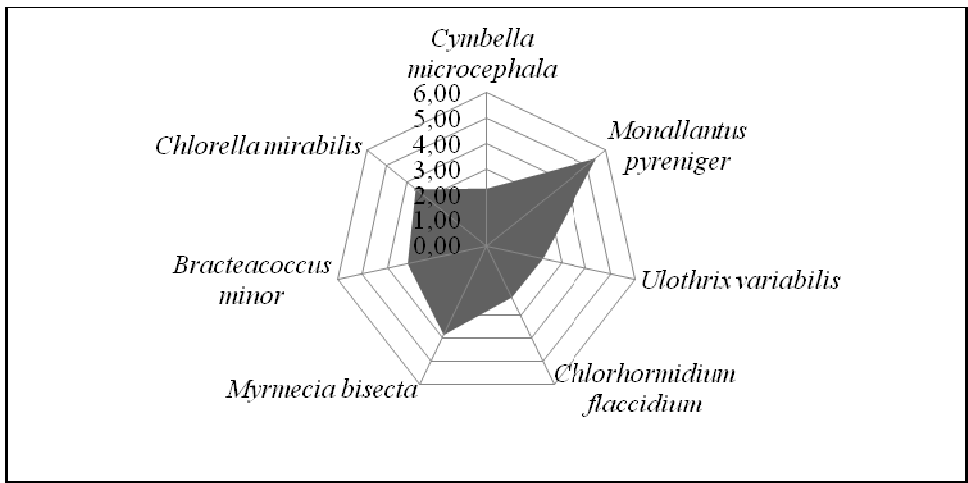


Рис. 5. Активность видов водорослей в погребенной палеопочве (Алтайский край Топчихинский район) (глубина 130-150 см)

На глубине 130-150 см отмечено появление видов В-формы (*Cymbella microcephala*) и Н-формы (*Ulothrix variabilis*). Доминирование видов Ch-формы (*Myrmezia bisecta*), хотя их количественное соотношение с глубиной 110-130 см, остается таким же. В 4 раза уменьшается количество представителей X-формы. Вероятнее всего, это связано с некоторым уплотнением почв, индикатором которых являются представители желто-зеленых водорослей [Бачура, Благодатнова, 2015а].

В ходе исследования было найдено всего 2 морфотипа почвенных водорослей: $K_{11}T_2$. Необходимо отметить тот факт, что на глубине 110-130 см были выявлены представители только коккоидного морфотипа (100%). На глубине 130-150 см можно отметить встраивание к коккоидному представителей трихального морфотипа (*Ulothrix variabilis*, *Chlorhormidium flaccidium*). Это можно объяснить тем, что даже в таком на первый взгляд однородном палеопочвенном горизонте, создаются различные условия, которые уже могут влиять на такую перестройку альгоценозов. На данный момент эти условия не установлены и требуют дальнейшего изучения.

На разных глубинах обнаружен всего один общий вид – это *Bracteacoccus minor*. С помощью таких показателей как активность и ЭЦЗ можно проследить, как вид проявляет себя в данных альгоценозах. На глубине 110-130 см вид *Bracteacoccus minor* более активен и является одним из доминирующих видов в данном сообществе (активность его составляет 4,47, ЭЦЗ – 0,28). На 130-150 см этот вид из ряда доминантов переходит в ряд сопутствующих видов и его активность значительно снижается (с 4,47 до 3,16), а показатели ЭЦЗ снизились почти в 10 раз (с 0,28 до 0,03). Следовательно, в верхней части палеопочвенного гумусового горизонта для данного вида были благоприятные условия. *Bracteacoccus minor* вид относящийся к Ch-форме с коккоидным морфотипом, вид влаголюбивый.

Фитоценотическая организация альгогруппировок на различных глубинах погребенной палеопочвы имеет некоторые различия. На 110-130 см доминирующими видами являются *Pleurochloris magna* и *Bracteacoccus minor*. На этой глубине показатели активности и ЭЦЗ выше, чем на 130-150 см в 1,4 и 9,3 раза. Следует отметить преобладание X-формы (57,14%) и Ch-формы (42,86%), а также отсутствие B- и H-форм. Все выявленные виды являются представителями коккоидного морфотипа. На 130-150 см доминируют виды: *Monallantus pyreniger*, *Myrmecia bisecta*, а субдоминантом является *Chlorella mirabilis*. На этой глубине показатели активности и ЭЦЗ ниже, чем на 110-130 см в 1,4 и 9,3 раза. Здесь превалирует Ch-форма (42,86%), появляются уже B- (14,29%) и H-формы (28,57%). В 4 раза уменьшается количество представителей X-формы. Можно отметить встраивание к коккоидному представителям трихального морфотипа (*Ulothrix variabilis*, *Chlorhormidium flaccidium*).

Также были отобраны пробы на аэрофитон и они показали что *Pleurochloris commutata*, *Monallantus pyreniger*, *Chlorhormidium flaccidium*, *Chlorococcum hypnosporum* и *Myrmecia bisecta*, которые были выявлены в погребенной палеопочве, скорее всего, могут быть заносными видами (были обнаружены и в пробах на аэрофитон). Из представленных видов в погребенной палеопочве большинство из них является сопутствующими видами, доминантными же являются всего 2 вида (доминанты для глубины 130-150 см): *Monallantus pyreniger* и *Myrmecia bisecta*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В погребенной палеопочве (Алтайский край Топчихинский район) обнаружено 13 видов водорослей, которые относятся к 3 отделам, 4 порядкам, 4 классам, 6 семействам и 10 родам. Доминируют представители *Chlorophyta* (53,85%) и *Xanthophyta* (38,50%). В семейственном спектре отмечается превалирование *Pleurochloridaceae* (38,46%). В головном спектре преобладают по числу видов такие рода, как *Pleurochloris* (15,39%), *Botrydiopsis* (15,39%), *Chlorococcum* (15,39%), находясь в связанных рангах. В лёссовой толще почвенных водорослей обнаружено не было (40-110 см).

В общей фитоценотической организации альгоценозов палеопочв ключевого участка Володарка выявлены: доминантные виды (*Monallantus pyreniger*, *Pleurochloris magna*), спектр жизненных форм (5 видов относится к Ch-форме, 5 – к X-форме, 2 – к H-форме и 1 – к B-форме), с доминированием Ch- (38,46%) и X-формы (38,46%), спектр морфоструктур (11 видов коккоидного морфотипа и 2 – трихального) с преобладанием коккоидного морфотипа (84,62%).

О достоверной возможности использования водорослей для диагностики состояния палеопочв утверждать пока трудно, так как было проведено еще недостаточно исследований, чтобы подтвердить или опровергнуть возможность использования данного метода. Тем не менее, выявленные виды водорослей (*Bracteacoccus minor*, *Chlorella mirabilis*, *Myrmecia bisecta*, *Botrydiopsis eriensis* и др.) характерны в большей степени для лесных экосистем. Эти виды тяготеют к влажным почвам.

ЛИТЕРАТУРА

- Бачура Ю.М., Благодатнова А.Г. 2015. Почвенные водоросли и цианобактерии городских газонов (на примере г. Гомеля и г. Новосибирска) // Изв. Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. № 3 (90). С. 17-23.
- Бачура Ю.М., Благодатнова А.Г. 2015а. Фитоценотическая структура группировок почвенных водорослей и цианобактерий городских газонов (на примере г. Новосибирска и г. Гомеля) // Вестн. Новосиб. гос. пед. ун-та. № 3 (25). С. 82-93. DOI: 10.15293/2226-3365.1503.08.URL: <http://elibrary.ru/download/45805489.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Благодатнова А.Г. 2010. Использование почвенных водорослей в оценке земель, перспективных для рекультивации // Сиб. вестн. сельскохоз. науки. № 10. С. 116-118. URL: <http://elibrary.ru/download/68747689.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Благодатнова А.Г. 2014. Возможность использования почвенных водорослей в оценке состояния болотных экосистем // Актуал. пр-мы гуманист. и естеств. наук. № 4-1. С. 41-44. URL.: <http://elibrary.ru/download/18141915.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Благодатнова А.Г. 2014а. Цианобактериально-водорослевые ценозы как отражение палеоэкологической специфики почв голоцена // Вестн. Новосиб. гос. пед. ун-та. № 2. С. 163-170. DOI: 10.15293/2226-3365.1402.14. URL: <http://elibrary.ru/download/75209023.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Благодатнова А.Г., Кулятина А.Н. 2014. Структура цианобактериально-водорослевой флоры как показатель освоения первичных субстратов // Вест. Красн. гос. аграр. ун-та. № 9. С. 97-101. URL: <http://elibrary.ru/download/12298562.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Благодатнова А.Г. 2015. Экологическая оценка почвенного покрова вдоль автомагистралей (город Новосибирск) // Безопасность в техносфере. Т. 4. №. 6. С. 3-11. DOI: 10.12737/16979. URL: <http://naukaru.ru/journal/article/view/16979/> (дата обращения: 30.11.2015).

- Благодатнова А. Г., Пивоварова Ж. Ф., Огнева И. Н. 2015. К вопросу о возможности использования водорослей в диагностике палеопочв (Алтайский край Топчихинский район) // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: матер. II междунар. науч.-практич. конф., посв. 105-летию со дня рождения проф. Э. А. Штиной (Киров, 19-23 октября 2015). Киров. С. 27-35.
- Дедусенко-Щеголева Н. Т., Голлербах М. М. 1962. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 5. Желтозеленные водоросли. Москва – Ленинград: Наука. 272 с.
- Дергачева М.И., Миронычева-Токарева Н.П., Гаврилов Д.А., Пономарев С.Ю. 2011. Общая характеристика района исследования и палеопочв // Палеопочвы: матер. междунар. школы-конф. Алтайский край, Топчихинский район, с. Володарка, (Новосибирск, 6-11 августа 2011 г.). С. 9-27.
- Зыкин В.С., Зыкина В.С. 2012. Лёссово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео». 477 с.
- Кабиров Р. Р., Шилова И. И. 1990. Почвенные водоросли свалок и полигонов твердых бытовых отходов в условиях крупного промышленного города // Экология. № 5. С. 10-18.
- Кузьяметов Г.Г. 2000. Пространственная организация почвенных альгоценозов степи и лесостепи: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Сыктывкар. 37 с.
- Новаковская И.В., Патова Е.Н. 2011. Почвенные водоросли еловых лесов и их изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар. 128 с.
- Пивоварова Ж.Ф., Факторович Л.В., Благодатнова А.Г. 2012. Особенности таксономической структуры почвенных фотоавтотрофов при освоении первичных субстратов // Растит. мир Азиат. России. Т. 1. № 1. С. 16-21. URL: <http://elibrary.ru/download/94788033.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г., Багаутдинова З.З. и др. 2014. Таксономическая структура цианобактериально-водорослевой флоры как возможный показатель моделей первичного освоения различных субстратов // Вест. Красн. гос. аграр. ун-та. № 11. С. 111-116. URL: <http://elibrary.ru/download/51746346.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Пивоварова Ж.Ф., Илюшенко А.Е., Благодатнова А.Г. и др. 2014. Почвенные водоросли антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск: Изд-во НГПУ. 146 с.
- Темралеева А.Д., Ельцов М.В., Демкин В.А. и др. 2014. Цианобактерии и водоросли погребенных почв и их современных аналогов // Палеонтологический журнал. № 6. С. 93. DOI: 10.7868/S0031031X14060142. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=22267792> (дата обращения: 30.11.2015).
- Шмелёв Н.А. 2009. Почвенные водоросли лиственных лесов Южно-Уральского заповедника // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: матер. II всерос. конф. (Сыктывкар, 5-9 октября 2009 г.). Сыктывкар. С. 248-249.
- Barczi A., Tivadar M.T., Csanádi et al. 2006. Reconstruction of the paleo-environment and soil evolution of the Csípo~halom kurgan, Hungary // Quaternary International. V. 156-157. P. 49-59. DOI: 10.1016/j.quaint.2006.05.024. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618206001352> (the date of access: 14.02.2016).
- Kim Ju Yu. 2012. Cyclic paleosols of last glacial period (MIS 2-4) in the geoarcheological matrix of the paleolithic sites, Korea // Quaternary International. V. 279-280. № 16. P. 244. DOI: 10.1016/j.quaint.2012.08.569. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618212016096> (the date of access: 14.02.2016).

PALEOSOIL ALGOFLORE OF PLEISTOCENE LOESS-SOIL SERIES OF OB PLATEAU

Volkova I.N.

The study of soil algae and their impact on various environmental factors is one of the current trends in algology. In the course of algological research of paleosol we found 13 species of algae belonging to 3 divisions, 4 orders, 4 classes, 6 families and 10 genera. The greatest number of taxa of different ranks was observed in the division Chlorophyta, accounting for more than half of the entire flora. The ratio of life forms, environmental groups and morphotypes, which are the main characteristics of the spectrum of algal groups, provides an informative image of the phytocoenotic organization. The discovered species of algae are typical primarily for forest ecosystems.

Keywords: soil algae, paleosol, phytocoenotic organization of algae groups.

Поступила в редакцию: 15.01.2016
Переработанный вариант: 05.04.2016