



**«Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы.
Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія»**

Заснавальнік – установа адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы».

Часопіс зарэгістраваны ў Міністэрстве інфармацыі Рэспублікі Беларусь.

Пасведчанне № 1459 ад 01.07.2011.

Навуковы, вытворча-практычны часопіс

Выдаецца з ліпеня 2011 года, выходзіць 3 разы на год.

**“Vesnik Hrodzenskaha Dziarzhounaha Universiteta Imia Ianki Kupaly.
Seryia 5. Ekanomika. Satsyialohiia. Biialohiia”**

*Часопіс уключаны ў Пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь
для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў,
а таксама*

ўваходзіць у навукаметрычную базу дадзеных «Расійскі індэкс навуковага цытавання»

Часопіс асвятляе пытанні эканамічнага росту і канкурэнтаздольнасці, эканамічнай навукі і адукацыі, інавацыі і інвестыцыі, мікраэканомікі, макраэканамічнага рэгулявання, фінансаў і крэдыту, сусветнай эканомікі, рэгіянальнай эканомікі, сферы паслуг і крэатыўнай эканомікі, эканомікі прадпрыемства; матэматычнай і інструментальнай метадалогіі эканомікі, сацыяльнай палітыкі і ўстойлівага развіцця; тэорыі, метадалогіі і гісторыі сацыялогіі, эканамічнай сацыялогіі, сацыяльнай структуры, сацыяльных інстытутаў і працэсаў, сацыялогіі культуры і духоўнага жыцця, сацыялогіі кіравання; батанікі, заалогіі, фізіялогіі жывёл, гісталогіі, матэрыяльных умоў жыцця, біяхіміі, малекулярнай біялогіі, біяфізікі, агульнай экалогіі, гідрабіялогіі, экалагічнага выхавання і экалагічнай адукацыі. Публікуюцца таксама рэцэнзіі, артыкулы, прысвечаныя выдатным беларускім вучоным, хроніка навуковага жыцця ГрДУ імя Янкі Купалы, іншыя матэрыялы.

Артыкулы друкуюцца на беларускай, рускай, польскай, англійскай мовах.

Разлічаны на спецыялістаў і шырокае кола чытачоў.

Нашы падпісныя індэксы: для індывідуальных падпісчыкаў – 01329, для арганізацый – 013292.

Адрас рэдакцыі: вул. Ажэшкі, 22,
230023, г. Гродна, Рэспубліка Беларусь.
Тэл./факс: 8(0152) 73-19-10.

Адрас для карэспандэнцыі: вул. Тэлеграфная, 5,
230023, г. Гродна, Рэспубліка Беларусь.
Тэл.: 8(0152) 68-11-96, +375 33 6893315,
e-mail: vesnik@grsu.by

Адрас вэб-сайта: <http://vesnik.grsu.by>

Рэдактар: Т. В. Комар.

Падрыхтоўка арыгінал-макета: Т. А. Пахомава.

Падпісана да друку 11.10.2019. Фармат 70 × 108%. Папера афсетная. Рызаграфія.
Ум. друк. арк. 14,35. Ул.-выд. арк. 17,43. Тыраж 100 экз. Заказ 066.

Надрукавана на тэхніцы выдавецкага цэнтра
ўстановы адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Янкі Купалы».
ЛП № 02330/146.

Б-р Ленінскага Камсамола, 5, 230009, г. Гродна. Тэл.: 8(0152) 55-67-69, e-mail: pko_izdat@grsu.by

Том 9, № 3, 2019

Змест

Эканоміка

Эканамічная навука і адукацыя

Рабцевіч В. В. (Гродно, Беларусь). Кумулятыўная арыентацыя выпускных работ на факультэце эканомікі і ўправлення Гродненскага дзяржаўнага ўніверсітэта ім. Янкі Купалы.....6

Макраэканамічнае рэгуляванне

Сембіева Л. М., Жагыпарова А. О. (Нур-Султан, Казахстан). Міжнародны фінансавы цэнтр «Астана» ў развіцці зялёнай эканомікі.....13

Яо Цзяхуэй (Мінск, Беларусь). Воньнеэканамічная стратэгія краін: сутнасць і асновныя мадэлі вядучых краін сусвету ў перыяд паслякрызісу.....23

Фінансы і крэдыт

Osipov S. Yu. (Moscow, Russia). Creating financial instruments based on blockchain technology.....36

Коробейнікова О. М. (Волгоград, Расія). Канцэптуальны падыход да ацэнкі эфекту развіцця платэжных сістэм у дыфрвай эканоміцы.....42

Сусветная эканоміка

Ли Чон Ку, Тоуров М. А. (Гродно, Беларусь). Савременное состояние и перспективы развития внешней торговли Республики Беларусь и Республики Таджикистан.....51

Матэматычныя і інструментальныя метады эканомікі

Цехан О. Б., Слаута А. И., Селюжыцкая Т. В. (Гродно, Беларусь). Эканомэтрычнае мадэліраванне паказатэляў рынку труда па абласцям Беларусі. Частка 2. Корреляционно-регрессионный анализ.....60

Сацыялогія

Тэорыя, метадалогія і гісторыя сацыялогіі

Барков С. А., Маркеева А. В., Свердловікова Е. А. (Москва, Расія). Воспрыятыя санкцый і імпартозамешчэння ў расійскіх інтэрнэт-выданнях.....68

Щербінін С. Н. (Гродно, Беларусь). О методологических основах социологического исследования процесса принятия управленческих решений субъектами малого предпринимательства.....79

Эканамічная сацыялогія

Калач А. Н. (Ирпень, Украіна). Монетарная палітыка і інвэстыцыйнае паводзіне насельніцтва Украіны.....86

Сацыяльная структура, сацыяльныя інстытуты і працэсы

Чумаченко О. Г. (Киев, Украіна). Социальные проблемы Украины: экономические ограничения их решения.....93

Ананьев В. Л. (Мінск, Беларусь). Об использовании зарубежного опыта в процессе реформирования системы социальной помощи инвалидам Республики Беларусь.....100

Кляр А. А. (Мінск, Беларусь). Институциональные императивы в контексте укрепления кадрового потенциала Вооруженных Сил.....109

Біялогія

Батаніка

Бачура Ю. М. (Гомель, Беларусь). Структура альгоцианобактериальных сообществ почв после низового пожара.....118

Заалогія

Лакотко А. А. (Витебск, Беларусь). Экалагічная структура комплексаў жуэліц (Coleoptera, Carabidae) сосновых лесов Лучоскай нізменнасці.....129

Логинов Д. Н., Волкова Т. В., Аксёнова Е. А. (Мінск, Беларусь). Видовой состав малярийных комаров на территории Республики Беларусь.....136

Матэрыяльныя ўмовы жыцця. Біяхімія. Малекулярная біялогія. Біяфізіка

Семенович Д. С., Кануннікова Н. П. (Гродно, Беларусь). Система глутатіона і S-глутатіоніліраванне белкаў у структурах галавнанага мозга крыс пры алюмініевым нейротоксікозе і введзенні модулятароў біосінтэзы кофермента А.....144

Ильич Т. В. (Гродно, Беларусь). Ферменты цыкла Кребса і рэспіратарная актывнасць мітахондрый печені крыс у прысутствіі кверцетіна і комплекса кверцетін-гідроксипропіл-β-ціклодэстрін.....152



Біялогія

Батаніка

УДК 631.46:631.44.061

Ю. М. Бачура

СТРУКТУРА АЛЬГОЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ ПОСЛЕ НИЗОВОГО ПОЖАРА

Во введении охарактеризованы особенности воздействия пирогенного фактора на наземные биогеоценозы. Отмечено, что низовые пожары, распространяясь по нижним ярусам лесной растительности, лесной подстилке и опаду, вызывают значительные повреждения почвенной биоты, в состав которой входят водоросли и цианобактерии. При этом изменяется видовой состав водорослей и цианобактерий, соотношение представленности таксонов, спектр доминирующих видов и жизненных форм, что позволяет судить и об изменениях почвенного покрова как среды обитания водорослей и цианобактерий. В основной части приведена методика исследований, впервые для Беларуси описан состав и осуществлен анализ структуры сообществ водорослей и цианобактерий постпирогенных территорий с радиоактивным загрязнением. Всего было выявлено 48 видов водорослей и цианобактерий из 41 рода, 31 семейства, 17 порядков, 9 классов, 4 отделов. Наиболее представлен отдел Chlorophyta (68,8%), далее в порядке убывания расположились Ochrophyta (14,5%), Cyanobacteria (10,8%) и Bacillariophyta (6,3%). Доминировали в составе альгоцианобактериальной флоры виды порядка Chlamydomonadales, семейств Chlocoosocaceae и Chlamydomonadaceae. В экологическом отношении отмечено преобладание в почве водорослей-убиквистов Ch-жизненной формы (43,75%), отличающихся исключительной выносливостью к экстремальным условиям. В заключении отмечено, что пирогенный фактор приводит к трансформации альгоцианобактериальных сообществ почв; на участках средней степени нарушенности выявлено увеличение видового богатства, таксономического разнообразия и расширение спектров жизненных форм водорослей и цианобактерий. Сходство видового состава альгоцианобактериальных сообществ на уровне 45% обуславливают типичные представители лесных почв отдела Chlorophyta; на более высоком уровне сходства наблюдается появление в группах охрофитовых водорослей и цианобактерий.

Ключевые слова: альгоцианобактериальные сообщества, жизненные формы, низовые пожары, почвенные водоросли, пирогенный фактор, цианобактерии.

Введение. Воздействие огня на экосистемы многогранно, многоступенчато и противоречно. С одной стороны, пирогенный фактор обуславливает ряд негативных последствий, а с другой стороны, стимулирует изменение растительности и среды обитания [1–3].

Пирогенное воздействие вызывает изменение пространственной структуры фитоценозов и приводит к появлению элементов мозаичности, уничтожению грубогумусовой подстилки и мохового покрова [4–6]. Под влиянием огня наблюдается ухудшение структуры почвы, увеличивается ее плотность, изменяется кислотность (обычно в сторону подщелачивания) и отмечается потеря наиболее подвижных элементов. Вследствие сгорания растительности, механического выноса или выгорания мелкозема происходит потеря гумуса. Пожары приводят к изменениям термического и водного режимов почвы, перестройке зоомикробного пула и трансформации микрофлоры [7–9]. Безусловно, степень выраженности данных изменений напрямую зависит от характера пирогенного воздействия: крупноплощадной гари, низового пожара или кострища.

Низовые пожары, распространяясь по нижним ярусам лесной растительности, лесной подстилке и опаду, вызывают значительные повреждения почвенной биоты, в состав которой

Бачура Юлия Михайловна, канд. биол. наук, доц., доц. каф. ботаники и физиологии растений ГТУ им. Франциска Скорины (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель, Беларусь; e-mail: julia_bachura@mail.ru

входят водоросли и цианобактерии [3; 10]. Пирогенное воздействие приводит к трансформации альгоцианобактериальных сообществ (АЦБС): изменяется видовой состав, соотношение представленности таксонов, спектр доминирующих видов и жизненных форм, что позволяет судить и об изменениях почвенного покрова как среды обитания водорослей и цианобактерий.

Материалы и методика исследований. Материалом для исследования послужили результаты обработки усредненных образцов почвы, отобранных в 2017 г. по общепринятой в почвенной альгологии методике [11; 12] в сосняке мшистом Ветковского лесничества ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз» (кв. 452–454) на территории с уровнем радиоактивного загрязнения от 4,95 до 39,94 Ки/км². Состав насаждения – 8С2Б, 10С, возраст – 20–90 лет, полнота – 0,5–0,9. Класс бонитета – I–III. Насаждение искусственного происхождения. Местоположение участка повышенное, рельеф волнистый. Почва бедная, слабогумусированная, свежая. В подросте встречается береза повислая (*Betula pendula* Roth.), тополь дрожащий, или осина (*Populus tremula* L.), единично дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). Подлесочный ярус, представленный крушиной ломкой (*Frangula alnus* Mill.), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и иргой круглолистной (*Amelanchier rotundifolia* Dum.), средний. Напочвенный покров представлен малиной (*Rubus idaeus* L.), марьянником луговым (*Melampyrum pratense* L.), купеной лекарственной (*Polygonatum officinale* All.), кипреем узколистным (*Chamerion angustifolium* L.), ландышем майским (*Convallaria majalis* L.), встречается костяника (*Rubus saxatilis* L.), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum* L.), кокорыш обыкновенный (*Aethusa cynapium* L.), щавель малый (*Rumex acetosella* L.), ястребинка волосистая (*Hieracium pilosella* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), ожика волосистая (*Lusula pilosa* (L.) Willd.), яснотка пурпурная (*Lamium purpureum* L.), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* (L.) Hill.), череда трехраздельная (*Bidens tripartita* L.). В моховом покрове преобладал плеврозиум Шребера (*Pleurozium Schreberi* Mitt.). Средняя мощность лесной подстилки составляла 1,5 см.

Изучение АЦБС проводили на территории, подверженной действию низового пожара двухгодичной давности. Площадь пожара 0,4 га, на стволах деревьев имелись ожоги 0,5–1,5 м, верхний слой подстилки был уничтожен огнем. Пробы были взяты у крон деревьев (УК), под кронами (ПК) и между кронами деревьев (МК) послойно (0–5 см и 5–10 см); ненарушенные участки леса использовали в качестве контрольных.

Для выявления видового состава водорослей и цианобактерий использовали культуральные методы: почвенные культуры со стеклами обрастания и агаровые культуры. Степень развития водорослей и цианей оценивали по 3-балльной шкале [13]. Систематическое положение объектов приводили по данным сайтов Algaebase и CyanoDB [14; 15]. Для сравнения видового состава исследуемых постпирогенных и контрольных территорий рассчитывали коэффициенты сходства систематического состава Сьеренсена–Чекановского при помощи программного модуля GRAPHS [16].

Результаты исследований и их обсуждение. Всего на исследуемой территории Ветковского района было выявлено 48 видов водорослей и цианобактерий, относящихся к 41 роду, 31 семейству, 17 порядкам, 9 классам отделов Cyanobacteria, Ochrophyta, Bacillariophyta и Chlorophyta. Наиболее представлен отдел зеленых водорослей, доля видов которого составила 68,8 %, далее в порядке убывания расположились охрофитовые водоросли (14,5 %), цианобактерии (10,8 %) и диатомовые водоросли (6,3 %).

Доминировали в составе альгоцианобактериальной флоры виды порядка Chlamydomonadales (рисунок 1), представленные в основном одноклеточными монадными формами и одноклеточными или пакетообразующими неподвижными микроводорослями. В семейственном спектре преобладали Chlorococcaseae и Chlamydomonadaceae (рисунок 2); 50 % видов входили в состав одновидовых семейств. Наибольшее количество видов включали роды *Chlamydomonas* Ehrenberg (4 вида) и *Chlorella* Beijerinck (3 вида). Подобное распределение видов микроводорослей и цианобактерий типично для антропогенно нарушенных почв и свидетельствует об упрощенной организации альгоцианобактериальной флоры исследуемой территории [17–19].

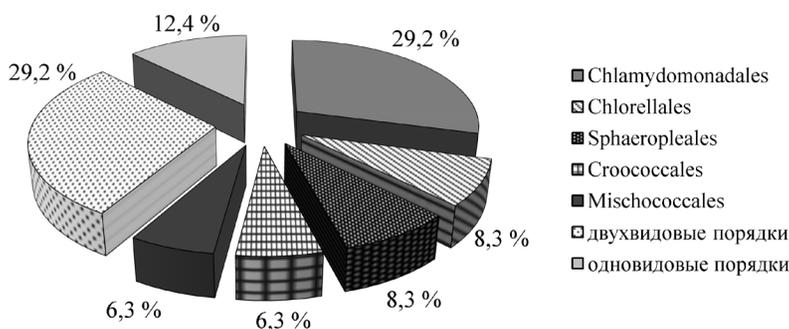


Рисунок 1 – Соотношение представленности порядков

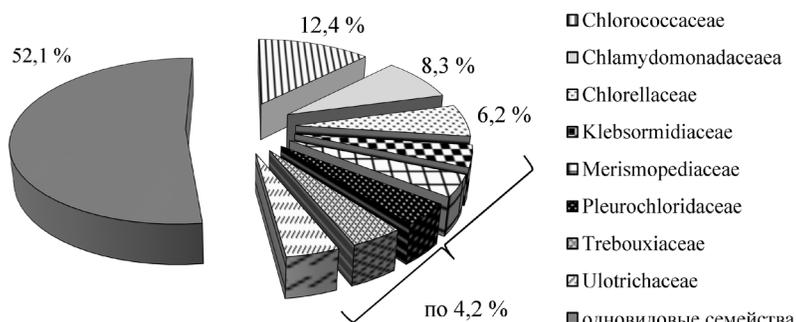


Рисунок 2 – Соотношение представленности семейств

Анализ экологической приуроченности выявленных водорослей и цианобактерий [18; 19] позволил выявить общую формулу альгоцианобактериальной флоры территории, отражающую принадлежность видов к той или иной жизненной форме: $Ch_{21}C_9X_6H_6B_3P_1amph_1hydr_1$. Преобладание водорослей-убиквистов Ch-жизненной формы (43,75 %), отличающихся исключительной выносливостью к условиям существования и способных существовать как в толще почвы, так и на ее поверхности, свидетельствует об экстремальности данных участков как среды обитания для водорослей и цианобактерий [13; 20]. Значительна в составе циановодорослевой флоры и доля видов С-жизненной формы (18,75 %), которые могут образовывать обильную слизь, обладающую большой водоудерживающей способностью и облегчающую перенесение неблагоприятных условий [11; 20]. Вклад в состав флоры неустойчивых против засухи видов Х-, Н- и В-жизненных форм был невелик; единично были отмечены представители Р-формы, предпочитающие открытые пространства и являющиеся ксерофитами, а также амфибиальные и гидрофильные виды.

На постпирогенной территории видовое богатство водорослей и цианобактерий было в 3,1 раза выше, чем в почве фонового участка (таблица 1), что обусловлено влиянием ряда факторов (появление открытых пространств, стимулирующее действие золы, снижение конкуренции вследствие выгорания мохового покрова, увеличение значений рН почвенного раствора [3; 10]).

Таблица 1 – Число видов водорослей и цианобактерий фоновых и постпирогенных территорий

| Отделы | Фоновый участок | Долевое участие, % | Постпирогенные участки | Долевое участие, % | Всего в почве сосняков |
|-----------------|-----------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| Cyanobacteria | 1 | 6,7 | 5 | 10,6 | 5 |
| Ochrophyta | 2 | 13,3 | 7 | 14,9 | 7 |
| Bacillariophyta | – | – | 2 | 4,3 | 3 |
| Chlorophyta | 12 | 80,0 | 33 | 70,2 | 33 |
| Всего | 15 | 100,0 | 47 | 100,0 | 48 |

Расширение количества видов происходило за счет представителей разных отделов; отмечено увеличение количества видов цианобактерий и «вселение» представителей отдела Bacillariophyta на постпирогенных участках. При этом в почве фоновых и нарушенных территорий сохранилось доминирование зеленых водорослей (70,2–80,0 %).

Изменения наблюдали и в таксономической структуре флоры водорослей и цианобактерий исследуемых территорий (таблица 2).

Таблица 2 – Таксономическая структура альгоцианобактериальной флоры

| Участки | Число | | | | |
|----------------|---------|----------|----------|-------|-------|
| | классов | порядков | семейств | родов | видов |
| Фоновые | 6 | 7 | 9 | 12 | 15 |
| Постпирогенные | 9 | 17 | 31 | 41 | 47 |

Число таксонов в почве постпирогенных участков было в 1,5–3,4 раза выше, чем в почве фоновых участков; значительные изменения были выявлены на уровне таксонов низкого ранга – семейств и родов. Семейственный спектр постпирогенных участков расширился за счет появления представителей Merismopediaceae (*Synechocystis* C. Sauvageau, *Aphanocapsa* C. Nägeli), Pseudanabaenaceae (*Leptolyngbya* Anagnostidis et Komárek), Nostocaceae (*Nostoc* Vaucher ex Bornet et Flahault), Botrydiopsisaceae (*Botrydiopsis* Borzi), Pleurochloridaceae (*Pleurochloris* Pascher, *Monodus* Chodat), Heterococcaceae (*Heterococcus* Chodat), Tribonemataceae (*Bumilleria* Borzi), Diadesmidaceae (*Luticola* D. G. Mann), Pinnulariaceae (*Pinnularia* Ehrenberg), Bacillariaceae (*Hantzschia* Grunow), Actinochloridaceae (*Macrochloris* Korshikov), Trebouxiaceae (*Parietochloris* Shin Watanabe et G. L. Floyd, *Myrmecia* Printz), Coccomyxaceae (*Coccomyxa* Schmidle), Rhopalosolenaceae (*Kentrosphaera* Borzi), Bracteacoccaceae (*Bracteacoccus* Tereg), Scenedesmaceae (*Scotiellopsis* Vinatzer), Selenastraceae (*Chlorolobion* Korshikov), Oocystaceae (*Pseudococcomyxa* Korschikov), Ulotrichaceae (*Ulothrix* Kützing), Prasiolaceae (*Stichococcus* Nägeli), Desmidiaceae (*Cosmarium* Corda) и Mesotaeniaceae (*Cylindrocystis* Meneghini).

Экологический анализ альгоцианобактериальной флоры показал, что постпирогенные участки характеризовались более разнообразным спектром жизненных форм, включавшим все представленные в общей формуле экибиоморфы, что обусловлено увеличением освещенности, изменением pH почвенного раствора, повышением содержания минеральных элементов и снижением конкуренции с высшими растениями на данных участках. Для фонового участка было отмечено только наличие видов Ch-, C-, X- и H-жизненных форм, которые характерны для большинства АЦБС лесных экосистем и активно вегетируют в условиях пониженной освещенности под слоем лесной подстилки или моховым покровом [17; 20; 21].

Структура АЦБС постпирогенных участков представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Таксономическая структура АЦБС постпирогенных территорий

| Отделы | Участки | | |
|-----------------|-------------|------------------|--------------------|
| | у крон (УК) | под кронами (ПК) | между кронами (МК) |
| Сyanobacteria | – | 4 (13,8) | 2 (6,7) |
| Ochrophyta | 4 (16,7) | 4 (13,8) | 4 (13,3) |
| Bacillariophyta | 2 (8,3) | 1 (3,4) | – |
| Chlorophyta | 18 (75,0) | 20 (69,0) | 24 (80,0) |
| Всего | 24 | 29 | 30 |

Примечание: за скобками – число видов, в скобках – % от общего числа видов.

В АЦБС всех нарушенных участков сохранилось доминирование зеленых водорослей в составе сообществ (69,0–80,0%); наиболее активно вегетировали одноклеточные водоросли видов *Chlamydomonas* sp.1, *Chlorococcum* sp.1, *Chlamydomonas* sp.5, *Interfilum terricola* (J. B. Petersen) Mikhailuyk et al. и нитчатый представитель *Klebsormidium flaccidum* (Kützing) Silva et al.

Наибольшим видовым богатством характеризовались АЦБС участков между кронами и под кронами деревьев, что обусловлено улучшением условий влажности и освещенности при удалении от стволов деревьев [11; 20]. На участках между кронами деревьев наиболее активно развивались зеленые водоросли родов *Neosporangiococcum* Deason, *Macrochloris*, *Chlorosarcinopsis* Herndon, *Pseudococcomyxa*, *Coccomyxa* и *Cylindrocystis*, а также охрофитовые водоросли рода *Eustigmatos* D. J. Hibberd; на участках под кронами деревьев – зеленые водоросли родов *Neosporangiococcum*, *Chlorosarcinopsis*, *Coccomyxa*, *Pseudococcomyxa* и *Tetracystis* R. M. Brown, Jr et Bold, цианобактерии родов *Nostoc*, *Synechocystis* и *Microcystis* Lemmermann.

Количество видов водорослей и цианобактерий у крон деревьев было несколько ниже, что, вероятно, обусловлено сильным огневым воздействием и значительным содержанием золы у крон деревьев (в высоких концентрациях зола ингибирует альгоцианобактериальную флору) [4; 19]. В почве данных участков не были отмечены цианобактерии, многие зеленые водоросли (*Neosporangiococcum* sp., *Pseudococcomyxa* sp., *Chlorococcum* sp.2, *Kentrosphaera* sp., *Coccomyxa* sp., *Cylindrocystis* sp., *Chlamydomonas* sp.2, *Ulothrix* sp., *Sphaerellopsis gelatinosa* (Korshikov) Gerloff, *Chlorolobion lunulatum* Hindák, *Myrmecia* sp., *Elliptochloris* sp., *Leptosira* sp., *Cosmarium anceps* Lundell), некоторые охрофитовые (*Eustigmatos* sp. *Ellipsoidion* sp., *Monodus* sp., *Bumilleria* sp.) и диатомовые водоросли (*Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehrenberg). Только на данных типах участков были выявлены диатомовые водоросли (*Luticola mutica* (Kützing) D. G. Mann in Round et al., *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve et Grunow) и некоторые представители зеленых (*Bracteacoccus* sp., *Deasonia* sp., *Scotiellopsis* sp., *Stichococcus bacillaris* Nägeli и *Klebsormidium* sp.2) и охрофитовых водорослей (*Botrydiopsis* sp., *Heterococcus* sp.).

Сравнение экологической структуры АЦБС показало некоторые отличия в соотношении жизненных форм разнотипных постпирогенных участков (таблица 4).

Таблица 4 – Экологическая структура АЦБС постпирогенных территорий

| Жизненные формы | Участки | | |
|-----------------|-------------|------------------|--------------------|
| | у крон (УК) | под кронами (ПК) | между кронами (МК) |
| Ch | 13 (54,2) | 14 (48,3) | 14 (46,8) |
| C | 3 (12,5) | 9 (31,1) | 6 (20,0) |
| X | 2 (8,3) | 4 (13,8) | 4 (13,3) |
| H | 4 (16,7) | 1 (3,4) | 3 (10,0) |
| B | 2 (8,3) | 1 (3,4) | – |
| P | – | – | 1 (3,3) |
| amph | – | – | 1 (3,3) |
| hydr | – | – | 1 (3,3) |

Примечание: за скобками – число видов, в скобках – % от общего числа видов.

На более затененных участках у крон и под кронами деревьев отмечены виды пяти жизненных форм (участки у крон отличались значительным долевым участием тенелюбивых представителей H-формы; участки под кронами – способных к образованию слизи представителей C-формы); на участках с наиболее оптимальными условиями освещенности (между кронами деревьев) наблюдали расширение спектра жизненных форм водорослей и цианобактерий.

В ходе проведенного анализа были выявлены виды водорослей и цианобактерий, активно вегетировавшие в почве как фонового, так постпирогенных участков: *Chlamydomonas* sp.1, *Chlamydomonas* sp.5, *Chlorococcum* sp.1, *Klebsormidium flaccidum*, *Interfilum terricola*.

Также установлены представители альгоцианобактериальной флоры, приуроченные к определенным постпирогенным участкам: у крон деревьев – *Botrydiopsis* sp., *Heterococcus* sp., *Pleurochloris* sp. (Ochrophyta), *Luticola mutica* *Hantzschia amphioxys* (Bacillariophyta), *Bracteacoccus* sp., *Stichococcus bacillaris*, *Klebsormidium* cf. *bilatum* Lokhorst, *Deasonia* sp., *Scotiellopsis* sp. (Chlorophyta); под кронами деревьев – *Aphanocapsa* sp., *Nostoc paludosum* Kützing ex Bornet et Flahault (Cyanobacteria), *Monodus* sp. (Ochrophyta), *Pinnularia viridis* (Bacillariophyta), *Sphaerellopsis gelatinosa*, *Myrmecia* sp. (Chlorophyta); между кронами деревьев – *Leptolyngbya angustissima* (W. et G.S. West) Anagnostidis et Komárek (Cyanobacteria), *Bumilleria* sp. (Ochrophyta), *Chlorolobion lunulatum*, *Elliptochloris* sp., *Ulothrix* sp., *Cosmarium anceps*, *Cylindrocystis* sp., *Leptosira* sp. (Chlorophyta).

Следует отметить, что на участках у крон деревьев, где отмечено наибольшее выгорание мохового покрова в составе группы приуроченности 70,0 % видов приходилось на одноклеточные водоросли; на участках под кронами и между кронами деревьев доля одноклеточных представителей постепенно снижалась (66,6 и 50,0 % соответственно). В экологическом отношении на наиболее нарушенных участках (УК) выявлено доминирование в составе групп приуроченности видов-убиквистов Сh-жизненной формы и «выпадение» из групп влаголюбивых представителей С-жизненной формы. На участках между кронами отмечено расширение спектра жизненных форм видов группы.

На рисунке 3 приведена таксономическая структура АЦБС участков по профилю почвы.

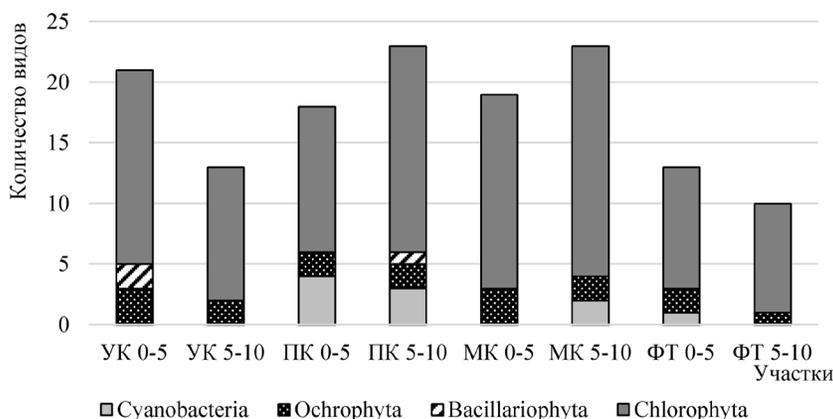


Рисунок 3 – Сравнение таксономической структуры АЦБС исследуемых участков

В почве фоновых участков выявлено типичное для лесных биогеоценозов снижение видового богатства АЦБС по профилю почвы [17; 20–22]. Изменения происходили вследствие исчезновения в слое 5–10 см цианобактерий *Microcystis* sp., охрофитовых водорослей *Ellipsoidion* sp., зеленых водорослей *Chlorococcum* sp.2, *Chlorella* cf. *ellipsoidea* Gerneck, *Chlorella* sp. и появления представителей Chlorophyta (*Chlorella vulgaris* Beijerinck, *Neosporangiococcum* sp. и *Tetracystis* sp.1).

Аналогичная закономерность выявлена для участков у крон деревьев; при переходе к слою 5–10 см из состава АЦБС «выпали» *Pleurochloris* sp. (Ochrophyta), *Luticola mutica*, *Hantzschia amphioxys* (Bacillariophyta), *Mychonastes homosphaera* (Skuja) Kalina et Puncocárová, *Macrochloris* sp. *Parietochloris* sp. *Chlorella* cf. *ellipsoidea*, *Deasonia* sp., *Scotiellopsis* sp., *Klebsormidium* cf. *bilatum*, *Stichococcus bacillaris* (Chlorophyta); появились зеленые водоросли *Chlamydomonas* sp.5, *Interfilum terricola*, *Chlorosarcinopsis* sp.1. Можно предположить, что на данных участках вначале произошло выгорание водорослей и цианобактерий, а затем их привнесение из атмосферы в верхние слои почвы, что обусловило значительное расширение видового богатства АЦБС в слое 0–5 см по сравнению с контролем.

На участках под и между кронами деревьев наблюдали увеличение количества видов водорослей и цианобактерий вниз по профилю почвы. Изменения на участках под кронами

деревьев вниз по профилю происходили вследствие исчезновения цианобактерий *Aphanocapsa* sp. охрофитовых водорослей *Eustigmatos* sp. и зеленых водорослей *Kentrosphaera* sp., *Cylindrocystis* sp. и *Myrmecia* sp., появления *Ellipsoidion* sp., *Monodus* sp. (Ochrophyta), *Pinnularia viridis* (Bacillariophyta), *Chlorococcum* sp.2, *Interfilum terricola*, *Parietochloris* sp., *Chlamydomonas* sp.2, *Sphaerellopsis gelatinosa*, *Mychonastes homosphaera*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella* sp. (Chlorophyta). На участках между кронами деревьев по профилю почвы исчезли охрофитовые водоросли *Pleurochloris* sp. и *Bumilleria* sp., зеленые водоросли *Chlorococcum* sp.2, *Parietochloris* sp., *Chlamydomonas* sp.2, *Leptosira* sp., *Cosmarium anceps*; появились цианобактерии *Synechocystis* sp. и *Leptolyngbya angustissima*, охрофитовые водоросли *Ellipsoidion* sp. и зеленые водоросли *Chlorosarcinopsis* sp.1, *Mychonastes homosphaera*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella* sp., *Tetracystis* sp.2, *Coccomyxa* sp., *Elliptochloris* sp., *Chlorolobion lunulatum*. Расширение состава АЦБС по профилю почвы на данных участках происходило за счет водорослей отдела Chlorophyta. Подобная тенденция отмечена в работах ряда ученых [3; 5; 10] и объясняется более благоприятными условиями для развития альгоцианобактериальной флоры в слое 5–10 см, куда и перемещается большинство водорослей.

Сравнение экологической структуры АЦБС по профилю почвы (рисунок 4) показало, что с увеличением глубины происходит сужение спектров жизненных форм на фоновых участках и на участках у кроен деревьев за счет «выпадения» из сообществ неустойчивых против высыхания представителей Х- и В-форм. На участках под кронами и между кронами деревьев спектры жизненных форм достаточно разнообразны, что связано с расширением видового богатства этих сообществ вниз по профилю почвы.

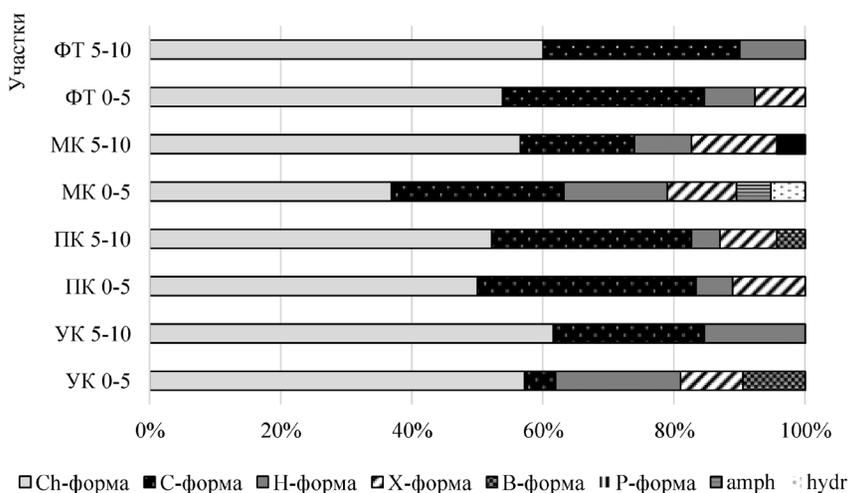
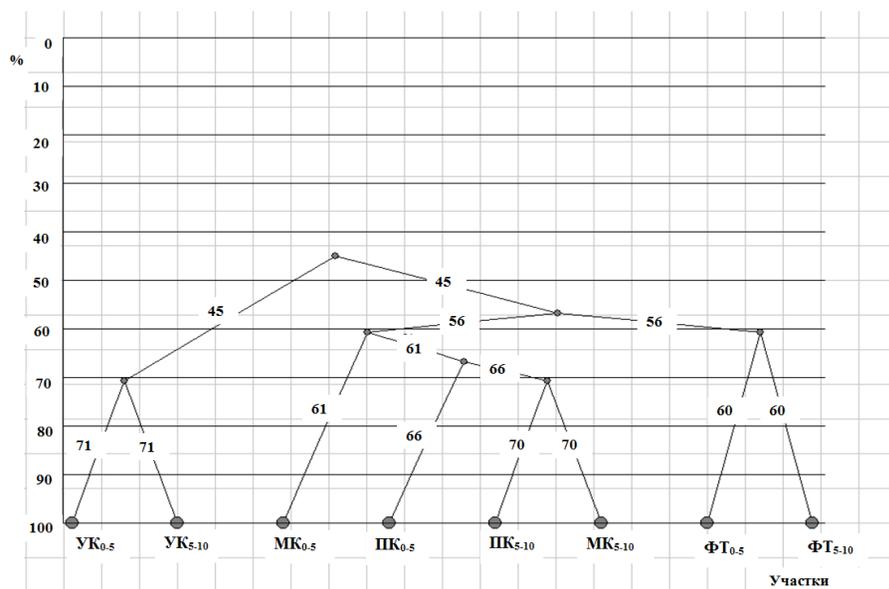


Рисунок 4 – Сравнение экологической структуры АЦБС исследуемых участков

При сравнении флористических спектров исследуемых АЦБС применяли коэффициент сходства систематического состава Сьеренсена–Чекановского. На основании результатов расчета качественного индекса видов была построена дендрограмма, отражающая уровень сходства видового состава АЦБС исследованных территорий (рисунок 5).

Сообщества фотоавтотрофных микроорганизмов участков под кронами и между кронами деревьев объединились в группу, коэффициенты сходства в которой варьировали в пределах от 61 до 70 %. Наибольшим сходством отличались АЦБС участков на глубине 5–10 см; общих видов – 14, из них зеленых – 12, охрофитовых водорослей и цианобактерий – по 1 виду; в экологическом отношении преобладали виды Сh-формы (9 видов), менее представлены были виды С-, Н- и Х-жизненных форм. Несколько отграничены от них сообщества водорослей и цианобактерий участков под кронами деревьев на глубине 0–5 см (уровень сходства составил 66 %). Количество видов, общих для трех участков – 9, из которых зеленых – 8 видов, цианобактерий – 1 вид; преобладали среди них виды Сh-жизненной формы (6 видов). На уровне 61 % к ним

присоединились сообщества участков между кронами деревьев на глубине 0–5 см; общих видов – 6, все виды из отдела Chlorophyta, 50 % которых являлись представителями Ch-жизненной формы. Объединение АЦБС данных участков в единый кластер подкрепляет ранее высказанное предположение о сходстве экологических условий на данных постпирогенных участках.



Пояснения: УК_{0.5}, УК_{5.10} – у крон деревьев; ПК_{0.5}, ПК_{5.10} – под кронами деревьев; МК_{0.5}, МК_{5.10} – между кронами деревьев; ФТ_{0.5}, ФТ_{5.10} – фоновая контрольная территория.

Рисунок 5 – Дендрограмма сходства видового состава водорослей и цианобактерий постпирогенных и фоновых территорий

АЦБС контрольных участков имели уровень сходства 60 %; общих видов – 7, из них зеленых – 6, охрофитовых – 1 вид; доминировали представители Ch-жизненной формы (4 вида). На уровне 56 % АЦБС данных участков объединились с АЦБС участков под кронами и между кронами деревьев; общих видов – 4 (*Chlamydomonas* sp.1, *Chlamydomonas* sp.5, *Chlorococcum* sp.1 и *Klebsormidium flaccidum*) – зеленые водоросли Ch-, С- и Н-жизненных форм, типичные представители альгоцианобактериальной флоры лесных биогеоценозов [17; 19–21]. Достаточно высокий уровень сходства АЦБС постпирогенных участков с контрольными указывает на то, что часть водорослей и цианобактерий могла сохраниться в более глубоких слоях почвы, а часть из них могла быть привнесена на участки через атмосферу.

Более обособленными оказались АЦБС участков у крон деревьев, коэффициент сходства их между собой составил 71 %. Количество видов, общих для данных участков – 10, из которых зеленых – 8 видов, охрофитовых водорослей – 2 вида. В экологическом отношении среди общих видов водорослей наиболее представлены водоросли Ch-формы (7 видов), отмечены виды С- и Н-жизненных форм. АЦБС участков у крон деревьев на уровне 45 % объединились с сообществами других участков, общих видов – 3 (*Chlamydomonas* sp.1, *Chlorococcum* sp.1 и *Klebsormidium flaccidum*). Обособленность АЦБС данных участков указывает на изменение условий существования для водорослей и цианобактерий – большое выгорание подстилки и верхнего горизонта почвы, изменение физико-химических условий и т.п.

Заключение. В ходе проведения исследования впервые для Беларуси получены данные о составе и структуре альгоцианобактериальных сообществ постпирогенных почв территории с радиоактивным загрязнением. В почве лесных биогеоценозов Ветковского района выявлено 48 видов водорослей и цианобактерий, относящихся к 41 роду, 31 семейству, 17 порядкам, 9 классам отделов Cyanobacteria, Ochrophyta, Bacillariophyta и Chlorophyta. В составе альгоцианобактериальной флоры установлено преобладание зеленых водорослей порядка

Chlamydomonadales, семейств Chlorococcaceae и Chlamydomonadaceae. Большинство таксонов являлись маловидовыми, что типично для антропогенно нарушенных почв и свидетельствует об упрощенной организации водорослевой флоры исследуемой территории. В экологическом отношении выявлено превалирование в почве водорослей-убиквистов Ch-жизненной формы (43,75 %), отличающихся исключительной выносливостью к экстремальным условиям.

Показано, что пирогенный фактор приводит к расширению таксономического и экологического разнообразия почвенных водорослей и цианобактерий. На участках средней степени нарушенности отмечается увеличение видового богатства, таксономического разнообразия и спектров жизненных форм альгоцианобактериальных сообществ; при этом в более глубоких слоях почвы количество видов выше, чем в верхних горизонтах, что свидетельствует о комплексном изменении условий существования по профилю почвы вследствие огневого воздействия. Сходство видового состава альгоцианобактериальных сообществ на уровне 45 % обуславливают типичные представители лесных почв отдела Chlorophyta (*Chlamydomonas* sp.1, *Chlorococcum* sp.1 и *Klebsormidium flaccidum*); на более высоком уровне сходства наблюдается появление в группах охрофитовых водорослей и цианобактерий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Одум, Ю. П. Экология / Ю. П. Одум. – М. : Мир, 1968. – 152 с.
2. Санников, С. Н. Гипотеза импульсной пирогенной стабильности сосновых лесов / С. Н. Санников // Экология. – 1985. – № 2. – С. 13–20.
3. Почвенные водоросли антропогенно нарушенных экосистем / Ж. Ф. Пивоварова [и др.]. – Новосибирск : НГПУ, 2014. – 146 с.
4. Сугачкова, Е. В. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества почвенных водорослей : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Е. В. Сугачкова ; Башк. гос. пед. ун-т. – Уфа, 2000. – 20 с.
5. Чумачева, Н. М. Стратегия восстановления альгогруппировок после низового пожара / Н. М. Чумачева // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 4. – С. 449–454.
6. Пивоварова, Ж. Ф. Особенности распределения почвенных водорослей на участках кострищ / Ж. Ф. Пивоварова, Н. М. Чумачева // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 4. – С. 419–422.
7. Деградация и охрана почв / Г. В. Добровольский [и др.] ; под общ. ред. Г. В. Добровольского. – М. : МГУ, 2002. – 654 с.
8. Попова, Э. П. Влияние низового пожара на свойства лесных почв Приангарья / Э. П. Попова // Охрана лесных ресурсов Сибири / Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачёва ; отв. ред. Н. П. Курбатский. – Красноярск : ИЛиД, 1975. – С. 166–178.
9. Попова, Э. П. Пирогенная трансформация свойств лесных почв Среднего Приангарья / Э. П. Попова // Сибирский экологический журнал. – 1997. – № 4. – С. 413–418.
10. Фитоценотическая организация группировок почвенных водорослей антропогенно нарушенных экосистем : монография / Ж. Ф. Пивоварова [и др.]. – Новосибирск : НГПУ, 2015. – 217 с.
11. Штина, Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 143 с.
12. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / редкол.: І. Ю. Костіков [та інш.]. – Київ : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
13. Кабиров, Р. Р. Выделение почвенных альгоценозов методом Браун-Бланке / Р. Р. Кабиров, Н. В. Суханова, Л. С. Хайбуллина ; Башк. гос. пед. ун-т. – Уфа, 1999. – 35 с. – Деп. в ВИНТИ 31.03.99, №1014-В99 // РЖ : 04. Биология. Сводный том. – 1999. – № 11. – 04В2.78ДЕП.
14. Database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms [Electronic resource] / Ed. M. D. Guiry. – 1996–2013. – Mode of access : <http://www.algaebase.org>. – Date of access : 24.05.2019.
15. The on-line database of cyanobacterial genera [Electronic resource] / Jiří Komárek, Tomáš Hauer. – 2004–2014. – Mode of access : <http://www.cyanodb.cz>. – Date of access : 24.05.2019.
16. Новаковский, А. Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS» / А. Б. Новаковский. – Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2004. – 31 с.
17. Новаковская, И. В. Почвенные водоросли словых лесов и их изменения в условиях аэротехногенного загрязнения / И. В. Новаковская, Е. Н. Патова. – Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2011. – 128 с.
18. Трухницкая, С. М. Альгофлора рекреационных территорий красноярской урбоэкосистемы / С. М. Трухницкая, М. В. Чижевская. – Красноярск : КрасГАУ, 2008. – 134 с.
19. Бачура, Ю. М. Почвенные водоросли и цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона) / Ю. М. Бачура. – Чернигов : Десна Полиграф, 2016. – 148 с.
20. Алексахина, Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т. И. Алексахина, Э. А. Штина. – М. : Наука, 1984. – 98 с.

21. Мальцева, I. A. Грунтовы водоросли лесов степовой зоны Украины / I. A. Мальцева. – Мелітополь : Люкс, 2009. – 312 с.

22. Чумачева, H. M. Сукцессии почвенных водорослей постпирогенных биотопов лесных фитоценозов : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / H. M. Чумачева ; НГПУ. – Новосибирск, 2003. – 17 с.

Поступила в редакцию 12.06.19.

“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology”

Vol. 9, No. 3, 2019, pp. 118–128

© Yanka Kupala State University of Grodno, 2019

Structure of algae and cyanobacteria communities of soils after a ground fire

Yu. M. Bachura

Francisk Skorina Gomel State University (Belarus)

Sovetskaya St., 104, 246019, Gomel, Belarus; e-mail: julia_bachura@mail.ru

Abstract. In introduction, the features of the effect of the pyrogenic factor on terrestrial biogeocenoses are characterized. It is noted that ground fires spread through the lower tiers of forest vegetation, forest litter and litter. This causes significant damage to soil biota, including algae and cyanobacteria. Pyrogenic effect leads to the transformation of algae and cyanobacteria communities. Changes in the species composition, the ratio of taxa, the spectrum of the dominant species and life forms are observed. This makes it possible to judge the transformation of the soil cover as the habitat of algae and cyanobacteria. In main part of the research methodology is given, data on the composition and structure of algae and cyanobacteria communities of postpyrogenic soils of the territory with radioactive contamination for the first time for Belarus were obtained. During researches 48 species of algae and cyanobacteria belonging to 41 genera, 31 families, 17 orders, 9 classes, 4 divisions were identified. The most represented was the department Chlorophyta (68.8 %), then Ochrophyta (14.5 %), Cyanobacteria (10.8 %) and Bacillariophyta (6.3 %) were ranked in descending order. Species of an order of Chlamydomonadales, the Chlorococcaceae and Chlamydomonadaeae families dominated as a part of algae and cyanobacteria flora. In the ecological relation the prevalence in the soil of the seaweed ubiquitous of a Ch- life form (43.75 %) differing in exclusive endurance to extreme conditions is noted. In conclusion, it is shown that the pyrogenic factor leads to the transformation of algae and cyanobacteria communities of soils; in areas of moderate degree of disturbance, an increase in species richness, taxonomic diversity and expansion of the spectra of life forms of algae and cyanobacteria were revealed. The typical representatives of the forest soils of department Chlorophyta (*Chlamydomonas* sp.1, *Chlorococcum* sp.1 and *Klebsormidium flaccidum*) cause the similarity of the species composition of algae and cyanobacteria communities at a level of 45 %; at a higher level of similarity, there is an appearance in groups of species of Ochrophyta and Cyanobacteria. The species composition and structure of algae and cyanobacteria communities reflect the degree of disturbance in the postpyrogenic areas. This allows you to judge the state of the soil cover.

Keywords: algae and cyanobacteria communities, life forms, ground fire, soil algae, pyro-factor, cyanobacteria.

References

1. Odum Yu. P. Ecology [*Ekologiya*]. Moscow, 1968, 152 p.
2. Sannikov S. N. Hypothesis of pulse pyrogenic stability of pine forests [*Gipoteza impul'snoi pirogennoi stabil'nosti sosnovykh lesov*]. *Ecology*, 1985, No. 2, pp. 13-20.
3. Pivovarova Zh. F. [et al.]. Soil algae of anthropogenically broken ecosystems [*Pochvennye vodorosli antropogenno narushennykh ekosistem*]. Novosibirsk, 2014, 146 p.
4. Sugachkova E. V. Influence of recreational load of communities of soil algae [*Vlianie rekreatsionnoi nagruzki na soobshchestva pochvennykh vodoroslei : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*]. Ufa, 2000, 20 p.
5. Chumacheva N. M. The strategy of restoration of algae communities after the local fire [*Strategiia vosstanovleniia al'gogrupperovok posle nizovogo pozhara*]. *Siberian Ecological Journal*, 2001, No. 4, pp. 449-454.
6. Pivovarova Zh. F., Chumacheva N. M. Features of distribution of soil algae on sites of campfires [*Osobennosti raspredeleniia pochvennykh vodoroslei na uchastkakh kostrishch*]. *Siberian Ecological Journal*, 2001, No. 4, pp. 419-422.
7. Dobrovolski G. V. [et al.]. Degradation and protection of soils [*Degradatsiia i okhrana pochv*]; Ed. G. V. Dobrovolski. Moscow, 2002, 654 p.
8. Popova E. P. Influence of the local fire on properties of forest soils of the Angara region [*Vlianie nizovogo pozhara na svoistva lesnykh pochv Priangar'ia*]. Protection of forest resources of Siberia [*Okhrana lesnykh resursov Sibiri*]; ex. Ed. N. P. Kurbatski. Krasnoiar, 1975, pp. 166-178.

9. Popova E. P. The pyrogenic transformation of properties of forest soils of the Central Angara region [*Pirogennaia transformatsiia svoistv lesnykh pochv Srednego Priangar'ia*]. *Siberian Ecological Journal*, 1997, No. 4, pp. 413-418.
10. Pivovarova Zh. F. [et al.]. The phytocenotic organization of groups of soil algae of anthropogenically broken ecosystems [*Fitotsenoticheskaia organizatsiia gruppirovok pochvennykh vodoroslei antropogenno narushennykh ekosistem : monografiia*]. Novosibirsk, 2015, 217 p.
11. Shtina E. A., Gollerbakh M. M. Ecology of soil algae [*Ekologiya pochvennykh vodoroslei*]. Moscow, 1976, 143 p.
12. Algae of soils of Ukraine (history and methods of a research, system, abstract of flora) [*Vodorosti gruntiv Ukraini (istoriia ta metody doslidzhennia, systema, konspekt flory)*]; Eds. I. Yu. Kostikov [et al.]. Kiev, 2001, 300 p.
13. Kabirov R. R., Sukhanova N. V., Khaibullina L. S. Allocation of soil algotsenoz by method Braun-Blanca [*Vydelenie pochvennykh al'gotsenozov metodom Braun-Blanke*]. Ufa, 1999, 35 p. Dep. at VINITI 03.31.99, No. 1014-B99. RZh: 04. Biology. Consolidated Volume, 1999, No. 11, 04V2.78DEP.
14. Database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms; Ed. M. D. Guiry. 1996-2013 [Electronic resource].
15. Jiří Komárek, Tomáš Hauer. The on-line database of cyanobacterial genera. 2004-2014 [Electronic resource].
16. Novakovski A. B. Opportunities and principles of operation of the program GRAPHS module [*Vozmozhnosti i printsipy raboty programmnoho modulia "GRAPHS"*]. Syktyvkar, 2004, 31 p.
17. Novakovskaya I. V., Patova E. N. Soil algae of fir forests and their change in conditions of aerotechnogenic pollution [*Pochvennyye vodorosli elovykh lesov i ikh izmeneniia v usloviakh aerotekhnogenogo zagriazneniia*]. Syktyvkar, 2011, 128 p.
18. Trukhnitskaya S. M., Chizhevskaya M. V. Algal flora of recreational territories of the Krasnoyarsk urboekosistema [*Al'goflora rekreatsionnykh territorii krasnoiarskoi urboekosistemy*]. Krasnoyarsk, 2008, 134 p.
19. Bachura Yu. M. Soil algae and cyanobacteria of the anthropogenic transformed soils (on the example of the Gomel region) [*Pochvennyye vodorosli i tsianobakterii antropogenno-preobrazovannykh pochv (na primere Gomel'skogo regiona)*]. Chernihiv, 2016, 148 p.
20. Aleksakhina T. I., Shtina E. A. Soil algae of forest biogeocenoses [*Pochvennyye vodorosli lesnykh biogeotsenozov*]. Moscow, 1984, 98 p.
21. Maltseva I. A. Soil algae of the woods of a steppe zone of Ukraine [*Hruntovi vodorosti lisiv stepovoi zony Ukrainy*]. Melitopol, 2009, 312 p.
22. Chumacheva N. M. Successions of soil algae of the post-pyrogenic biotopes of forest fitotsenoz [*Suktessii pochvennykh vodoroslei postpirogennykh biotopov lesnykh fitotsenozov : dis. ... kand. biol. nauk*]. Novosibirsk, 2003, 17 p.



Уважаемые авторы!

Более подробно требования к оформлению материалов, а также условия для принятия материалов см. на сайте журнала

<http://vesnik.grsu.by>