

Цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона)

УДК 631.46:631.44(476.2)

Резюме. Проведен анализ таксономической и экологической структуры цианобактериальных сообществ почв Гомельского региона в зависимости от вида и степени антропогенной нагрузки, определено сходство цианобактериальных сообществ почв рекреационных и урбанизированных территорий, деградированных. Показано, что пресс антропогенных факторов оказывает лимитирующее действие на цианобактерии на участках с высокой степенью нагрузки; наиболее устойчивыми представителями, толерантными к любым загрязняющим веществам в изученных экосистемах, являются нитчатые цианеи родов *Phormidium* и *Leptolyngbya*.

Ключевые слова: цианобактерии, антропогенно-преобразованные почвы, структура цианобактериальных сообществ.



Юлия Бачура,
доцент кафедры ботаники и физиологии растений Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины

Цианобактерии составляют активную часть почвенной микробиоты. Благодаря физиолого-биохимическим особенностям протопласта, микроскопическим размерам, автотрофности, способности фиксировать атмосферный азот и «эфемерности» вегетации они могут сохранять жизнеспособность даже в крайне неблагоприятных условиях существования. Являясь эксплорентами по жизненной стратегии, обладая

низкой конкурентной мощностью и высокой энергией размножения, цианеи могут осваивать свободное пространство, особенно в наземных экосистемах, где лимитирующие факторы значительно ограничивают развитие высших растений [1–4]. В этой связи изучение цианобактериальных сообществ (ЦБС) почв, испытывающих различные виды и уровни антропогенных воздействий, чрезвычайно актуально, поскольку позволяет выявить реакцию организмов на специфические загрязнители, установить степень адаптации к действию возмущающих факторов, определить возможность использования определенных видов для оценки состояния почв, наметить пути биологической рекультивации [5].

Цель данной работы – изучение видового состава и структуры цианобактериальных сообществ антропогенно-преобразованных почв Гомельского региона.

Материалы и методика исследований

Материалом для исследования послужили результаты обработки 120 смешанных почвенных образцов, отобранных в 2003–2012 гг. на территории г. Гомеля и пригорода. Были выбраны следующие участки для отбора:

■ **тропинки в смешанном лесу:** Т1 – тропинки хорошо заметны, присутствует изреженный травяной покров, лесная подстилка уплотнена, участок с обнажением минерального слоя почвы нет; Т2 – травяной покров сильно изрежен, местами отсутствует, лесная подстилка измельчена, на отдельных участках обнажен минеральный слой уплотненной почвы; Т3 – травяной покров и лесная подстилка отсутствуют, на всем протяжении обнажен минеральный слой сильно уплотненной почвы;

■ туристические стоянки:

Tc1 – травяной покров изрежен, сильно примят, почва частично обнажена (~20%), покрыта мусором (бытовыми отходами), имелось кострище; Tc2 – травяной покров менее изрежен и примят, обнажение уплотненной, покрытой мусором почвы – до 10%, имелось кострище; контролем служил участок ненарушенной почвы (Tc3);

■ места горения разведенных нами одно- и двухчасовых костров и прилегающая к ним территория:

анализировали почвенные водоросли кострищ (K1_п и K2_п), проб почвы, взятых на расстоянии 1 м от края кострища (K1_1м и K2_1м), в качестве контроля использовали пробы почвы, отобранные на расстоянии 10 м от кострищ (K_контр);

■ придорожные газоны

некоторых улиц города: улица Кирова (Кир) – узкая (трехполосное движение), характеризуется интенсивным транспортным потоком, имеется движение общественного транспорта, разрешен проезд грузовых автомобилей. Улица Советская (Сов) – широкая (шесть полос), с интенсивным движением легкового и общественного транспорта, проезд грузовиков запрещен. Улица Старо-Черниговская (Ст-Ч) – узкая (двухполосное движение немногочисленного легкового транспорта), отсутствует общественный и грузовой транспорт;

■ гомельский городской полигон твердых бытовых отходов (ГПТБО); площадки отличались составом отходов: Св1 – промышленные и бытовые; Св2 – бытовые и промышленные, Св3 – строительные, Св4 – промышленные и строительные отходы;

■ отвалы фосфогипса Гомельского химического завода (ГХЗ) и прилегающая к ним территория. Изучали почвенные водоросли свежих отвалов (Фг1) – высшие растения отсутствовали; средневозрастных (Фг2), где

выделяли участки, не покрытые высшими растениями (Фг2а), участки с моховым покровом (Фг2б), участки, покрытые высшими растениями, в том числе – мхами (Фг2в); старых (Фг3) – присутствовали травянистые и древесные растения; опушки леса в зоне ветрового переноса фосфогипса свежих отвалов (Пг 1); обочины дороги вдоль разновозрастных отвалов (Пг 2);

■ деградированные торфяники; участки отличались значениями остаточного содержания органического вещества в агроторфяно-минеральном горизонте и рН почвенного раствора: Дт1–20–10,1%, рН=4,5; Дт2 – менее 5,1%, рН=5,3; Дт3–20–10,1%, рН=5,8; Дт4 – менее 5,1%, рН=7,3.

Для выявления видового состава водорослей использовали культуральные методы: почвенные культуры со стеклами обрастания и агаровые культуры. Степень развития водорослей оценивали по 3-балльной шкале [7]. Систематическое положение объектов приводили по данным сайта СуаноDB [8]. Состав жизненных форм определяли в соответствии с классификацией [1]. Для сравнения цианобактериальных сообществ исследуемых антропогенно-преобразованных территорий рассчитывали коэффициенты сходства систематического состава Сьеренсена-Чекановского при помощи программного модуля «GRAPHS» [9].

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе исследований в почвах Гомельского региона нами было идентифицировано 38 видов цианобактерий, которые являлись представителями 17 родов, 8 семейств, 3 порядков класса Суанорфусеа. Наиболее широко распространены порядки Oscillatoriales – 19 видов (50%) и Nostocales – 14 видов (36,8%). На долю водорослей

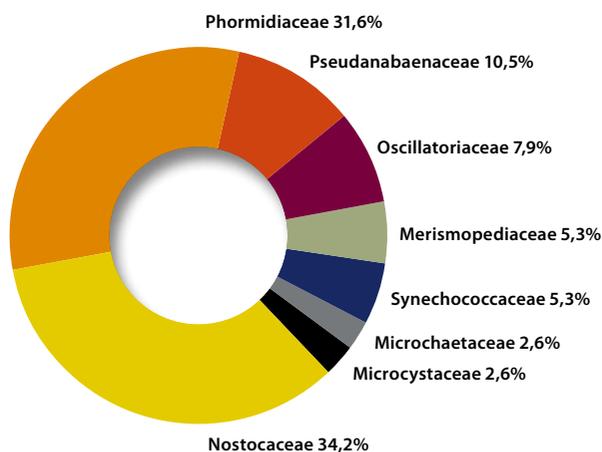
порядка Croococcales пришлось 5 видов (13,2%). Наибольшее видовое богатство отмечено для семейств Phormidiaceae, Nostocaceae и Pseudanabaenaceae (рис. 1). В спектре родов наиболее лидирующие позиции заняли водоросли рода Phormidium – 9 видов и Nostoc – 5 (27,3% и 13,2% соответственно).

В экологическом отношении все цианобактерии являлись эдафотрофными. Среди них преобладали представители Р- и С-жизненных форм – 17 и 15 видов соответственно (44,7% и 39,5%). Также были выявлены цианобактерии М- и Сн-жизненных форм. На долю способных к азотфиксации видов приходилось 36,8%.

Для изучения влияния рекреации на почвенные цианобактерии исследовали лесные тропинки, туристические стоянки, кострища и прилегающую к ним территорию, так как известно, что главными негативными последствиями отдыха в лесу являются лесные пожары по вине отдыхающих и рекреационная дигрессия лесов вследствие последовательных изменений биогеоценозов, начало которых связано с превышением допустимых для экосистем рекреационных нагрузок [10, 11].

В почвах лесных тропинок было обнаружено 18 видов цианобактерий. Среди них 61,1% приходилось на водоросли порядка Oscillatoriales, которые

Рис. 1. Соотношение представленности семейств по числу видов



отличаются высокой засухоустойчивостью и теплостойкостью, что обусловлено наличием слизистых чехлов и свойствами протопласта [1]. Семейства Phormidiaceae и Nostocaceae включали 11 и 5 видов соответственно, род *Phormidium* – 5 видов, выявлены представители родов *Cyanothece*, *Microcystis*, *Microcoleus*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Nostoc* и *Leptolyngbya*. Для почв лесных тропинок с увеличением степени вытаптывания на начальных этапах показано усложнение структуры ЦБС, а затем – снижение их видового богатства и обилия. По мере увеличения степени вытаптывания в составе альгогруппировок сокращалась доля цианей Р-формы (табл. 1).

В почвах туристических стоянок в пригороде г. Гомеля

выявлено 15 видов цианобактерий, наиболее представлены также были Oscillatoriales (73,3%). На данных антропогенно-нарушенных участках преобладали маловидовые семейства и роды, за исключением семейства Phormidiaceae и рода *Phormidium*. Активно вегетировали водоросли родов *Microcystis*, *Microcoleus*, *Nostoc*, *Leptolyngbya*. В составе сообществ почв нарушенных участков туристических стоянок отмечено увеличение флористического разнообразия представителей Р-формы по сравнению с контрольным участком.

При изучении почвенных водорослей костриц и прилегающей к ним территории было обнаружено 18 видов цианей. Сохранилось преобладание порядка Oscillatoriales (72,2%), большинство из которых яв-

лялись представителями рода *Phormidium* (77,8%) одноименного семейства. Активно вегетировали на стеклах обрастания водоросли родов *Cyanothece*, *Microcystis*, *Pseudanabaena*, *Microcoleus* и *Leptolyngbya*. В почвах костриц наблюдали практически полное исчезновение цианобактерий, на расстоянии в одном метре от костриц – их активную вегетацию.

По-видимому, на исследованных рекреационных территориях имеет место эффект «промежуточного нарушения» [2].

Изучение состава цианобактерий урбанизированных территорий проводили в почвах придорожных газонов улиц Гомеля, на территории ГПТБО и ГХЗ. Средообразующая деятельность человека на территории города приводит к изменению не только абиотической группы факторов (климатических, эдафических, орографических), но и биотической группы (микроорганизмов, растительного и животного мира) [7]. Цианобактерии наряду с почвенными водорослями служат дополнительной характеристикой изменяющихся субстратов, позволяя отследить процессы, лежащие в основе их изменений и естественного восстановления.

В почвах придорожных газонов улиц Гомеля выявлено 11 видов цианобактерий, преобладали цианей порядка Oscillatoriales (72,7%) из родов *Phormidium*, *Microcoleus*, *Oscillatoria*, *Pseudanabaena* и *Leptolyngbya*. Также обнаружены представители порядка Nostocales из родов *Anabaena* и *Nostoc*. По градиенту транспортной нагрузки улиц Гомеля в структуре ЦБС придорожных газонов имело место расширение числа видов цианобактерий Р-жизненной формы.

На территории ГПТБО выявлено 22 вида цианей, Oscillatoriales включали 17 видов из родов *Phormidium*,

Таблица 1. Структура цианобактериальных сообществ исследуемых почв

Место отбора образцов	Таксономическая структура	Экологическая структура	Число видов
T1	Osc ₈ Cro ₂ Nost ₁	P ₈ C ₂ Ch ₁	11
T2	Osc ₁₁ Nost ₅ Cro ₂	P ₉ C ₆ M ₂ Ch ₁	18
T3	Osc ₆ Nost ₁ Cro ₁	P ₅ C ₁ M ₁ Ch ₁	8
Tc1	Osc ₈ Cro ₁	P ₇ C ₁ M ₁	9
Tc2	Osc ₈ Nost ₂	P ₈ C ₂	10
Tc3	Osc ₆ Nost ₁ Cro ₁	P ₅ C ₂ M ₁	8
K1_п	Osc ₁ Cro ₁	P ₁ C ₁	2
K2_п	Osc ₁ Cro ₁	P ₁ C ₁	2
K1_1м	Osc ₁₁ Cro ₂ Nost ₁	P ₁₀ C ₂ M ₁ Ch ₁	14
K2_1м	Osc ₁₃ Cro ₃ Nost ₁	P ₁₁ C ₂ M ₂ Ch ₂	17
K_контр	Osc ₁₀ Cro ₁	P ₉ M ₁ Ch ₁	11
Кир	Osc ₆	P ₅ M ₁	6
Сов	Osc ₅ Nost ₂	P ₅ C ₂	7
Ст-Ч	Osc ₄ Nos ₂	P ₃ C ₂ M ₁	6
Св1	Osc ₁ Cro ₁	P ₁ C ₁	2
Св2	Osc ₁₆ Nost ₃ Cro ₂	P ₁₄ C ₄ M ₂ Ch ₁	21
Св4	Osc ₅ Nost ₁	P ₅ C ₁	6
Фр2а	Cro ₂ Osc ₁	C ₁ M ₁ Ch ₁	3
Фр2в	Cro ₂	C ₁ Ch ₁	2
Фр3	Osc ₅ Nost ₃ Cro ₂	P ₅ C ₄ Ch ₁	10
Пт1	Osc ₅ Nost ₂ Cro ₁	P ₄ C ₂ M ₁ Ch ₁	8
Пт2	Osc ₇ Nost ₂ Cro ₁	P ₆ C ₂ M ₁ Ch ₁	10
Дт1	Osc ₄ Cro ₁	P ₄ C ₁	5
Дт2	Osc ₆ Nost ₆ Cro ₂	C ₇ P ₆ Ch ₁	14
Дт3	Osc ₁₁ Nost ₅ Cro ₃	P ₁₁ C ₆ Ch ₂	19
Дт4	Osc ₁₁ Nost ₁₂ Cro ₃	P ₁₁ C ₁₄ Ch ₁	26

Microcoleus, *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Pseudanabaena*, *Leptolyngbya* и *Plectonema*. Выявлены цианобактерии порядков Chroococcales (виды родов *Cyanothece*, *Microcystis*) и Nostocales (виды рода *Nostoc*). Все семейства, за исключением Phormidiaceae, были маловидовыми. Максимальное число видов насчитывал род *Phormidium* (8). В почвах ГПТВО с уменьшением количества обнаруженных видов цианобактерий отмечено сокращение разнообразия их жизненных форм. На участках со строительными отходами цианей не выявлены.

На отвалах фосфогипса ГХЗ и прилегающей к ним территории обнаружено 16 видов цианобактерий. Наиболее многочисленными по видовому составу были порядки Oscillatoriales (9 видов родов *Phormidium*, *Microcoleus*, *Lyngbya*, *Leptolyngbya*) и Nostocales (5 видов родов *Tolypothrix*, *Anabaena*, *Nostoc*). Менее представлен порядок Chroococcales (виды родов *Cyanothece*, *Synechocystis* и *Microcystis*). Свежие и средне-возрастные отвалы фосфогипса ГХЗ характеризовались отсутствием или незначительным числом цианей. На старых отвалах и прилегающей территории выявлено расширение видового богатства представителей Р- и С-форм.

Состав цианей изученных урбанизированных территорий разнороден, что обусловлено различным химическим составом исследованных субстратов; при увеличении рН показано расширение видового богатства цианей.

Деградированные торфяники являются достаточно специфическим видом антропогенного преобразования почвы. Они возникли на месте торфяно-болотных почв и сформированы в результате проведения гидро-мелиоративных работ и последующего интенсивного использования территории под пашню, а также в результате нерационального природопользования,

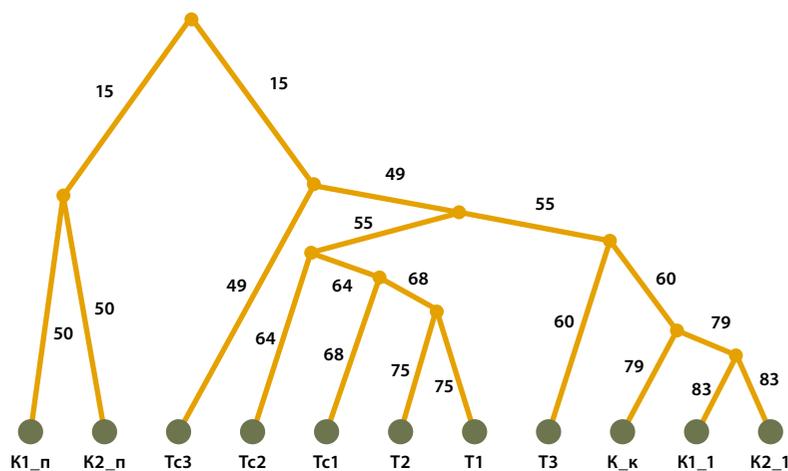


Рис. 2. Дендрограмма сходства видового состава цианобактерий рекреационных территорий

что вызывало минерализацию органического вещества [12].

В почвах деградированных торфяников выявлено 32 вида цианей. Превалировали Oscillatoriales и Nostocales (43,8% и 40,6% соответственно). Осцилляториальные водоросли включали виды родов *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Leptolyngbya* и *Lyngbya*; ностокальные – родов *Anabaena*, *Trichromus*, *Cylindrospermum*, *Nodularia* и *Nostoc*. Представители порядка Chroococcales из родов *Cyanothece*, *Synechocystis*, *Aphanocapsa*, *Microcystis* составляли 15,6% цианей. Наибольшее количество видов у семейства Nostocaceae и Phormidiaceae (13 и 9 соответственно); виды родов *Phormidium* (9) и *Nostoc* (5) составляли 43,8% общего числа видов цианей. В деградированных торфяниках отмечен рост числа видов цианобактерий в составе ЦБС с увеличением рН почвенного раствора.

В целом, для каждого вида антропогенной нагрузки отмечено увеличение видового разнообразия цианей при средней степени нагрузки, особенно представителей Р- и С-жизненных форм.

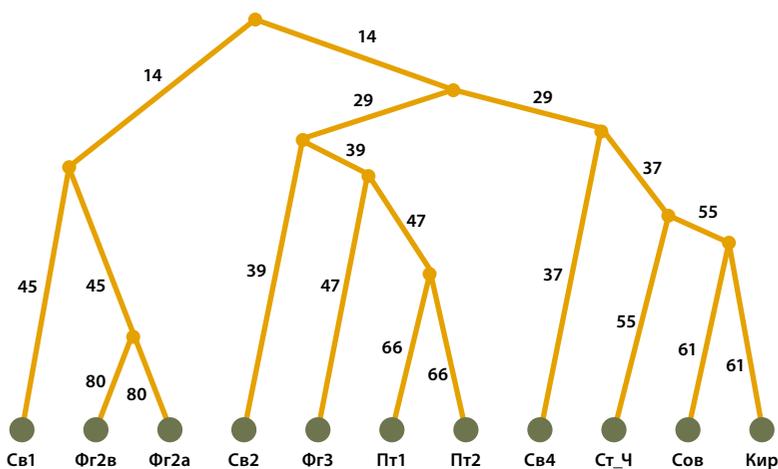
Для сравнения состава ЦБС на основании результатов расчета коэффициентов сходства Сьеренсена-Чекановского были построены дендрограммы, отражающие уровень сходства видового состава

цианобактерий исследованных территорий. К анализу принимали данные о видах, встречаемость которых составляла 20–70%.

ЦБС исследованных рекреационных территорий образовали три достаточно обособленных ветви дендрограммы (рис. 2). В составе первой ветви объединены ЦБС участков, прилегающих к кострицам (K1_1м, K2_1м, K_контр), коэффициенты сходства – 79–83%. Общих видов для сообществ цианей данных участков – 9, все виды являются представителями Р-жизненной формы. В состав данной ветви дендрограммы также входят ЦБС тропинок с полным отсутствием травяного покрова (уровень сходства составляет 60%), количество общих видов – 6, это виды рода *Phormidium*.

В составе второй ветви дендрограммы обособлены ЦБС почв нарушенных туристических стоянок (Tc1 и Tc2) и лесных тропинок (T1 и T2). Сообщества цианей тропинок с примятой растительностью наиболее сходны с альгогруппировками тропинок с частичным обнажением минерального слоя почвы (коэффициент Сьеренсена-Чекановского составляет 75%). Отмечено также сходство альгоцианобактериальных сообществ тропинок названных категорий между собой и с характером высшей растительности прилегающего фитоценоза [13]. Количество общих видов – 11, из них 8

Рис. 3. Дендрограмма сходства видового состава цианобактерий урбанизированных территорий



относятся к Р-форме. Сообщества цианей туристических стоянок сходны с сообществами тропинок на уровне 64–68%, количество общих видов – 5 (*Phormidium autumnale*, *Phormidium molle*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Leptolyngbya angustissima* и *Leptolyngbya tenuis*).

Данные ветви дендрограммы объединяются между собой (коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил 55%); общих видов два – *Phormidium autumnale* и *Phormidium molle*.

К группировкам данных участков присоединяются цианей контрольного участка рядом с туристическими стоянками (Тс3) – коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил 49%, общий вид один – *Phormidium autumnale*.

ЦБС почв под кострищами сходны на уровне 50%, общий вид один – *Microcystis* sp.

Для урбанизированных территорий также выделено три группы сообществ цианей торфяников

В составе первой ветви дендрограммы обособлены ЦБС почв придорожных газонов улиц города (коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил 55–61%). Для улиц Советской и Кирова выявлено 4 общих вида Р-жизненной формы (*Phormidium autumnale*, *Phormidium dimorphum*, *Leptolyngbya angustissima* и *Microcoleus vaginatus*). На менее загруженной транспортом улице Старочерниговской из сообщества исчезает *Phormidium dimorphum*. К группировкам данных участков присоединяются цианей участка ГПТБО Св4 с промышленными и строительными отходами (коэффициент Сьеренсена-Чекановского 37%). Общий вид для пяти участков – *Phormidium autumnale*.

Вторая ветвь дендрограммы включает ЦБС территорий, прилегающих к отвалам фосфогипса ГХ3 и старовозрастных его отвалов фосфогипса. Сообщества цианей почв участков, прилегающих к отвалам ГХ3, имеют уровень сходства 66%, количество общих видов – 5 (*Phormidium molle*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Leptolyngbya tenuis*, *Phormidium cf. boryanum* и *Microcoleus vaginatus*). ЦБС старовозрастных отвалов сходны с сообществами территорий, прилегающих к отвалам фосфогипса на уровне 47%. Из числа общих видов «выпадают» *Phormidium cf.*

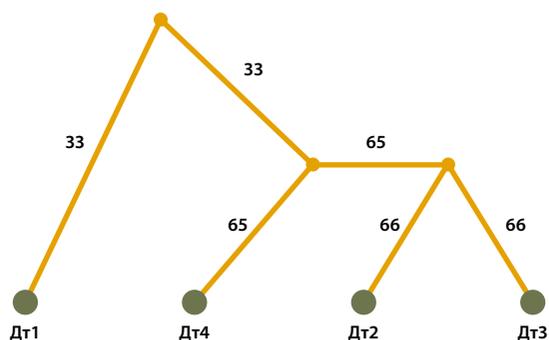
boryanum и *Microcoleus vaginatus*. Несколько обособлена от охарактеризованных ЦБС (коэффициент сходства 39%) сообщество цианобактерий участка ГПТБО с бытовыми и промышленными отходами Св2. Общие виды – *Phormidium molle*, *Leptolyngbya foveolarum* и *Leptolyngbya tenuis*.

Наиболее высоким сходством характеризовались сообщества цианобактерий средневозрастных отвалов фосфогипса, не покрытых высшими растениями (Фг2а) и покрытых высшими растениями, в том числе мхами (Фг2в) – коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил 80%, общий вид один – *Microcystis* sp. К данным сообществам на уровне сходства 45% примыкает ЦБС участка полигона отходов Св1 с промышленными и бытовыми отходами, общий вид сохраняется. Цианобактерии на трех данных участках малочисленны (по 2–3 вида), что, вероятно, и обуславливает достаточно высокий уровень сходства между сообществами участков.

ЦБС участков полигона отходов оказались в составе различных ветвей дендрограммы, по-видимому, встречаемость цианей в почвах ГПТБО зависит от их химического состава, скорости и направления процессов трансформации и микробной деградации [2, 13].

На свежих отвалах фосфогипса, средневозрастных его отвалах с моховым покровом и участке ГПТБО со строительными отходами цианобактерии не выявлены, возможно, данные свежие отвалы фосфогипса непригодны для цианей вследствие низких значений кислотности, отвалы, покрытые мхами, по причине низкой конкурентной способности цианобактерий, а участки полигона отходов вследствие высокого содержания органического азота в субстрате [1, 3, 14, 15].

Рис. 4. Дендрограмма сходства видового состава цианобактерий деградированных торфяников



Сообщества цианобактерий участков дегроторфяников Дт2, Дт3 и Дт4 сходны на уровне 65–66% (рис. 4) с наличием 11 общих видов, из которых по 3 вида родов *Phormidium*, *Leptolyngbya* и *Nostoc*, а также *Anabaena* sp. и *Aphanocapsa* sp. В экологическом отношении это представители Р- и С-жизненных форм (55,5% и 45,5% соответственно), 4 вида являются азотфиксаторами.

Обособленным оказалось сообщество цианей участка Дт1 с наименьшим значением рН почвенного раствора и, следовательно, наименее благоприятными условиями для существования цианобактерий; коэффициент сходства с тремя другими участками составил 33%. Количество видов, общих для четырех участков, – 4 (*Phormidium molle*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Phormidium* sp. 1 и *Aphanocapsa* sp.).

Таким образом, сходство ЦБС антропогенно-преобразованных почв на уровне 40–60% формируют нитчатые цианобактерии Р-жизненной формы – виды родов *Phormidium* и *Leptolyngbya*, которые механически оплетают почвенные частицы, предотвращая их распыление, и способствуют удержанию влаги в почве благодаря склеиванию ее частиц с помощью выделяемых слизистых чехлов. Более высокий уровень сходства (до 80%) обеспечивается участием отдельных видов С- и М-форм.

Заключение

В почвах Гомельского региона нами было выявлено 38 видов цианобактерий 17 родов, 8 семейств, 3 порядков класса Суанорфуcae. Преобладали нитчатые цианеи порядка Oscillatoriales и Nostocales семейств Phormidiaceae, Nostocaceae и Pseudanabaenaceae. В экологическом отношении все цианобактерии являлись эдафотрофными, большинство из них относились к Р- и С-жизненным формам

(84,2%). Наибольшее видовое разнообразие цианей отмечено в деградированных торфяниках, наименьшее – в почвах газонов.

На исследованных рекреационных территориях имеет место эффект «промежуточного нарушения»: на начальных этапах антропогенного нарушения показано усложнение структуры ЦБС, а затем – снижение их видового богатства и обилия. Состав цианей изученных урбанизированных территорий разнороден, что обусловлено различным химическим составом исследованных субстратов; при увеличении рН видовое богатство цианей расширяется. В деградированных торфяниках отмечен рост числа

видов цианобактерий в составе ЦБС с увеличением рН почвенного раствора.

Показано, что пресс антропогенных факторов оказывает лимитирующее действие на цианобактерии на участках с высокой степенью нагрузки. Сравнение состава цианобактериальных сообществ свидетельствует о том, что наиболее устойчивыми представителями, толерантными к любым загрязняющим веществам в изученных экосистемах, являются нитчатые цианеи Р-жизненной формы – виды родов *Phormidium* и *Leptolyngbya*. □

Статья поступила в редакцию 21.01.2015 г.

See: <http://innosfera.by/2015/05/cyanobacteria>

Summary

Cyanobacteria on anthropogenically transformed soils from Gomel region were studied. As a result 38 species, 17 genera, 8 families, 3 orders of class Cyanophyceae were identified. The species composition of cyanobacteria confined to certain types of human transformation of soils was determined. The analysis of taxonomical and ecological structure of cyanobacterial communities from the different types and degree of anthropogenic impact were conducted. Similarity of soil cyanobacteria communities on of recreational territories, of urbanized territories and degraded peatlands was established. Depending on the degree of anthropogenic pressure changes the ratio prevailing taxa of different ranks. It is shown that the press has an anthropogenic factors limiting action on cyanobacteria in areas with a high degree of load. A comparison of cyanobacterial communities suggests that the most stable representatives tolerant to any contaminants in the studied ecosystems are filamentous cyanobacteria of genera *Phormidium* and *Leptolyngbya*.

Литература

- Штина Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М., 1976.
- Хайбуллина Л. С. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий / Л. С. Хайбуллина, Н. В. Суханова, Р. Р. Кабиров. – Уфа, 2011.
- Штина, Э. А. Почвенные водоросли как пионеры зарастания техногенных субстратов и индикаторы состояния нарушенных земель / Э. А. Штина // Журнал общей биологии. – 1985. Т. XLVI, № 4.
- Дубовик И. Е. Водоросли эродированных почв и альгологическая оценка почвозащитных мероприятий / И. Е. Дубовик. – Уфа, 1995.
- Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги Европейской части России): автореф. дис. . . . докт. биол. наук: 03.02.08; 03.02.01 / Л. В. Кондакова; Вятск. гос. гуманитарн. ун-т, лаб. биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар, 2012.
- 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 ВИНИТИ 31.03.99, № 1014-В99 // РЖ: 04. Биология. Сводный том. – 1999, № 11. 0482.78.ДЕП.
- The on-line database of cyanobacterial genera / Jiří Komárek, Tomáš Hauer. Electronic resource: <http://www.cyanodb.cz>.
- Новиковский А. Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS». – Сыктывкар, 2004.
- Рожков Л. Н. Основы теории и практики рекреационного лесоводства / Л. Н. Рожков. – Мн., 2001.
- Казанская Н. С. Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования) / Н. С. Казанская, В. В. Ланина, Н. Н. Марфенин. – М., 1977.
- Цытрон Г. С. Полевая диагностика почв Беларуси: практическое пособие / Г. С. Цытрон. – Мн., 2011.
- Сугачкова Е. В. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества почвенных водорослей: автореф. дис. . . . канд. биол. наук: 03.00.05 / Е. В. Сугачкова. Уфа, 2000.
- Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития / Л. И. Домрачева. – Сыктывкар, 2005.
- Малахова Н. А. Водоросли спланированных отвалов Кузбасса: автореф. дис. . . . канд. биол. наук: 03.00.05 / Н. А. Малахова; Новосиб. гос. пед. ун-т. – Новосибирск, 2007.