

УДК 582.232:502.521(476.2)

Ю. М. Бачура

ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ГОМЕЛЬСКОГО РЕГИОНА)

В антропогенно-преобразованных почвах Гомельского региона выявлено 76 видов зеленых водорослей, относящихся к 42 родам, 26 семействам, 15 порядкам классов Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae и Charophyceae. В зависимости от интенсивности антропогенного прессинга и особенностей субстрата отмечены изменение видового состава и соотношения доминирующих видов в группировках зеленых водорослей исследованных территорий. Показано, что сходство видового состава зеленых водорослей антропогенно-преобразованных почв на уровне 40–50 % формируют одноклеточные и пакетобразующие виды-убиквисты – виды родов *Tetracystis*, *Chlorella* и *Bracteacoccus*. Более высокий уровень сходства (до 80 %) обеспечивается участием водорослей различного габитуса. Видовой состав зеленых водорослей, сходных по виду антропогенной нагрузки почв, сходен на уровне 60–80 %.

Ключевые слова: антропогенно-преобразованные почвы, коэффициент сходства видового состава, структура водорослевых сообществ, почвенные зеленые водоросли.

Введение. Почвенные водоросли – обязательный компонент наземных экосистем – связаны сложными взаимодействиями с собственно почвой, населяющими ее гетеротрофными организмами и высшими растениями. В настоящее время известно свыше 3500 видов почвенных водорослей, среди которых первое место по числу видов занимают зеленые водоросли. Преобладание Chlorophyta в видовом составе водорослей почв отмечено и для Европейской части России, Украины, Молдовы [1–3]. Сведений о почвенных водорослях на территории юго-востока Беларуси крайне мало.

Зеленые водоросли активно участвуют в ряде процессов, протекающих в почве, отражают происходящие в ней процессы, вследствие чего являются интересным объектом исследования. Благодаря физиолого-биохимическим особенностям протопласта, микроскопическим размерам, автотрофности и «эфемерности» вегетации они способны сохранять жизнеспособность даже в крайне неблагоприятных условиях существования. Обладая низкой конкурентной мощностью и высокой энергией размножения, зеленые водоросли способны быстро осваивать свободное пространство, особенно в наземных экосистемах, где лимитирующие факторы значительно ограничивают развитие высших растений [4–6].

Изучение зеленых водорослей почв, испытывающих различные виды и уровни антропогенных воздействий, позволяет выявить реакцию организмов на специфические загрязнители, установить степень адаптации к действию возмущающих факторов, определить возможность использования определенных видов для оценки состояния почв [7].

Цель данной работы – изучение и анализ видового состава зеленых водорослей 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 [8]. Были выбраны следующие участки для отбора:

1. Тропинки в смешанном лесу: Т1 – тропинки хорошо заметны, присутствует изреженный травяной покров, лесная подстилка уплотнена, участков 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.

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

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

2. Туристические стоянки: Тс1 – травяной покров изрежен, сильно примят, почва частично обнажена (~20 %), покрыта мусором (бытовыми отходами), имелось кострище; Тс2 – травяной покров менее изрежен и примят, обнажение уплотненной, покрытой мусором почвы – до 10 %, имелось кострище; контролем служил участок ненарушенной почвы (Тс3).

3. Места горения разведенных нами одно- и двухчасовых костров и прилегающая к ним территория: анализировали почвенные водоросли кострищ (К1_п и К2_п), проб почвы, взятых на расстоянии 1 м от края кострища (К1_1м и К2_1м), в качестве контроля использовали пробы почвы, отобранные на расстоянии 10 м от кострищ (К_контр).

4. 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 (шестиполосное движение), с интенсивным движением легкового и общественного транспорта, проезд грузовиков запрещен. Улица Старочерниговская (Ст-Ч) – узкая (двухполосное движение немногочисленного легкового транспорта), отсутствует общественный и грузовой транспорт.

5. Гомельский городской полигон твердых бытовых отходов (ГГПТБО); площадки, отличались составом отходов: Св1 – промышленные и бытовые, Св2 – бытовые и промышленные, Св3 – строительные, Св4 – промышленные и строительные отходы.

6. Отвалы фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод» (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 (Пт1); обочины дороги вдоль разновозрастных отвалов (Пт2).

7. Деградируемые торфяники; участки отличались значениями остаточного содержания органического вещества в агроторфяно-минеральном горизонте и pH почвенного раствора: Дт1 – 20–10,1 %, pH = 4,5; Дт2 – менее 5,1 %, pH = 5,3; Дт3 – 20–10,1 %, pH = 5,8; Дт4 – менее 5,1 %, pH = 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 [9]. Систематическое положение объектов приводили в соответствии с [2]; для видов, отсутствующих в данной сводке, – по данным сайтов Algaebase [10]. Для сравнения видового состава исследуемых антропогенно-преобразованных территорий рассчитывали коэффициенты сходства систематического состава Сьеренсена-Чекановского при помощи программного модуля GRAPHS [11].

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе исследований в почвах Гомельского региона нами было идентифицировано 76 видов зеленых водорослей из 42 родов, 26 семейств, 15 порядков и 4 классов: Chlorophyceae (54,0 %), Trebouxiophyceae (26,3 %), Ulvophyceae (3,9 %) и Charophyceae (13,2 %), а также два вида с неясным систематическим положением (2,6 %). Наиболее представлены были порядки Volvocales, Scenedesmales (по 20 видов) и Chlorellales (16 видов), наименее – Tetrasporales, Chaetopeltidales, Chlorokybales и Gonatozygales (по 1 виду). В семейственном спектре преобладали представители семейств Chlamydomonadaceae и Chlorococcaceae, насчитывающие по 9 видов (таблица 1). Большинство семейств почвенных зеленых водорослей являлись маловидовыми и включали от 1 до 4 представителей (84,6 %), что свидетельствует об упрощенной организации водорослевых группировок исследуемых антропогенно-преобразованных территорий [12].

В спектре родов доминировали водоросли родов *Chlamydomonas* Ehrenberg (9,2 %) и *Chlorella* Beijerinck (7,9 %), значительна была и доля видов родов *Chlorococcum* Meneghini, *Scenedesmus* Meyen и *Stichococcus* Nägeli (по 5,4 %).

При изучении влияния рекреации на почвенные зеленые водоросли исследовали лесные тропинки, туристические стоянки, кострища и прилегающую к ним территорию, так как

известно [11; 12], 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.

Таблица 1 – Видовое богатство семейств отдела Chlorophyta в антропогенно-преобразованных почвах Гомельского региона

Семейство	Количество видов	Процент от общего количества видов	Ранг видового обилия
Chlamydomonadaceae	9	11,8	1,5
Chlorococcaceae	9	11,8	1,5
Chlorellaceae	6	7,9	3
Stichococcaceae	5	6,8	4
Scenedesmaceae	4	5,4	6
Chlorosarcinaceae	4	5,4	6
Bracteacoccaceae	4	5,4	6
Klebsormidiaceae	3	3,9	8,5
Myrmeciaceae	3	3,9	8,5
Mougeotiaceae	2	2,6	14,5
Oocystaceae	2	2,6	14,5
Desmidiaceae	2	2,6	14,5
Protosiphonaceae	2	2,6	14,5
Ankistrodesmaceae	2	2,6	14,5
Choricystidaceae	2	2,6	14,5
Ulotrichaceae	2	2,6	14,5
Zygnemataceae	2	2,6	14,5
Actinochloridaceae	2	2,6	14,5
Leptosiraceae	2	2,6	14,5
Microthamniaceae	1	1,3	23
Neosporiococcaceae	1	1,3	23
Cylindrocapsaceae	1	1,3	23
Neochloridaceae	1	1,3	23
Tetraedronaceae	1	1,3	23
Hormotiellopsidaceae	1	1,3	23
Chlorokybaceae	1	1,3	23
Виды с невыясненной принадлежностью к семейству	2	2,6	–

В почвах лесных тропинок было обнаружено 30 видов зеленых водорослей, относящихся к 20 родам, 16 семействам, 11 порядкам, 3 классам. Среди Chlorophyta преобладали требуксиофициевые порядка Chlorellales (16,7 % от общего числа видов зеленых водорослей) и хлорофициевые порядков Volvocales, Protosiphonales и Scenedesmales (по 13,3 %). Все семейства зеленых водорослей были маловидовыми. Род *Chlorella* был представлен 4 видами, *Chlamydomonas* – 3. Были выявлены виды родов *Sphaerocystis* Chodat, *Chlorococcum*, *Tetracystis* Brown et Bold, *Chlorosarcinopsis* Herndon, *Desmotetra* Deason et Floyd, *Neosporiococcum* Deason, *Bracteacoccus* Teger, *Scotiellopsis* Vinatzer, *Keratococcus* Pascher, *Leptosira* Borzi, *Microthamnion* Nägeli, *Myrmecia* Printz, *Stichococcus*, *Pseudococcomyxa* Korschikov, *Klebsormidium* Silva et al., *Mesotaenium* Nägeli и *Cosmarium* Corda.

В почвах тропинок 1-й категории выявлено 20 видов зеленых водорослей. Преобладали Chlorophyceae – 55,0 % всех видов, на долю Trebouxiophyceae приходилось 35,0 %, Charophyceae – 10,0 %. Наиболее активно в культурах вегетировали виды родов *Chlamydomonas*,

Chlorococcum, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Scotiellopsis*, *Chlorella* и *Klebsormidium*, Несколько меньшей степенью обилия характеризовались водоросли рода *Bracteacoccus*.

В почвах тропинок 2-й категории определили 28 видов водорослей. На долю Chlorophyceae и Trebouxiophyceae приходилось 53,6 и 28,6 % соответственно, Charophyceae – 17,8 %. Высоким обилием также отличались одноклеточные или пакетобразующие зеленые водоросли – *Chlorococcum* sp., *Tetracystis* sp., *Chlorosarcinopsis* sp., *Chlorella minutissima* Fott et Nováková, *Chlorella vulgaris* Beijerinck. Только в почвах тропинок анализируемой категории развивались водоросли родов *Microthamnion*, *Mesotaenium* и *Cosmarium*.

В почвах тропинок 3-й категории выявлено 17 видов водорослей: Chlorophyceae – 52,9 %, Trebouxiophyceae – 41,2 %, Charophyceae – 5,9 %. Преобладали *Chlorococcum* sp., *Tetracystis* sp., *Sphaerocystis* sp., *Bracteacoccus* sp., *Chlorella* sp., *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott. Не обнаружены водоросли родов *Chlorosarcinopsis*, *Desmotetra*, *Keratococcus* и *Leptosira*.

Для почв лесных тропинок с увеличением степени вытаптывания на начальных этапах показано усложнение структуры сообществ зеленых водорослей, а затем – снижение их видового богатства и обилия. По-видимому, имеет место эффект «промежуточного нарушения» [5; 13]. По мере увеличения степени вытаптывания наблюдали некоторое увеличение доли тробуксиофициевых водорослей-убиквистов рода *Chlorella*.

При изучении видового состава водорослей туристических стоянок в пригороде г. Гомеля выявлено 29 видов зеленых водорослей, принадлежащих к 21 роду, 19 семействам, 12 порядкам, 4 классам. Доля хлорофициевых водорослей составила 44,8 % всех видов, тробуксиофициевых – 31,0 %, харофициевых – 17,3 %, ульвофициевых – 6,9 %. Преобладали маловидовые семейства и роды. Активно вегетировали водоросли родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Neosporangiococcum*, *Geminella* Turpin, *Bracteacoccus*, *Scotiellopsis*, *Leptosira*, *Myrmecia*, *Chlorella*, *Stichococcus*, *Pseudococcomyxa*, *Klebsormidium* и *Cylindrocystis* Meneghini. Также были выявлены представители родов *Desmotetra*, *Scenedesmus*, *Chlorolobion* Korshikov, *Fernandinella* Chodat, *Ulothrix* Kützing и *Mesotaenium*.

В почве площадки Tc1 выявлено 20 видов зеленых водорослей: Chlorophyceae – 45,0 %, Trebouxiophyceae – 25,0 %, Charophyceae – 20,0 %, Ulvophyceae – 10,0 %. В почве площадки Tc2 выявлено 19 видов водорослей Chlorophyceae – 47,4 %, Trebouxiophyceae – 36,8 %, Charophyceae – 15,8 %. В почве контрольного участка также выявлено 19 видов водорослей: Chlorophyceae – 47,4 %, Trebouxiophyceae – 26,3 %, Charophyceae – 21,0 %, Ulvophyceae – 5,3 %.

Количество видов и распределение их по таксонам на нарушенных и ненарушенных участках отличались незначительно, что, вероятно, указывает либо на недостаточную для существования зеленых водорослей степень нарушенности участков, либо на высокую устойчивость Chlorophyta. Для выбранных площадок отмечена высокая степень обилия наиболее типичных среди почвенных водорослей представителей: *Chlorococcum* sp., *Tetracystis*, *aggregata* R.M. Brown & H.C. Bold, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella minutissima* и *Klebsormidium flaccidum* (Kützing) Silva et al. В почве нарушенных участков активно вегетировал *Scotiellopsis rubescens* Vinatzer. В почве контрольного участка не обнаружены представители родов *Desmotetra*, *Geminella*, *Scenedesmus*, *Chlorolobion* и *Leptosira*.

Пирогенное воздействие на экосистемы приводит к изменению пространственной структуры фитоценозов и появлению в них элементов мозаичности, что сказывается и на развитии микроорганизмов. Различный характер пирогенного воздействия (низовой пожар, крупноплощадная гарь, кострище) является причиной отличий сукцессий водорослевых сообществ [13; 14].

При изучении почвенных водорослей кострищ и прилегающей к ним территории было обнаружено 36 видов зеленых водорослей из 25 родов, 19 семейств, 11 порядков классов Chlorophyceae (52,8 %), Trebouxiophyceae (30,5 %) и Charophyceae (16,7 %). Наиболее представленными были порядки Chlorellales (8 видов родов *Chlorella*, *Stichococcus*, *Gloeotila*), Protosiphonales (6 видов родов *Chlorosarcinopsis*, *Neochlorosarcina*, *Sporogochloris* Starr, *Neosporangiococcum*, *Geminella*) и Chlorococcales (5 видов родов *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Actinochloris* Korschikov, *Macrochloris* Korschikov). Все семейства, за исключением Chlorellaceae,

были маловидовыми. Преобладали водоросли родов *Chlorella* и *Chlamydomonas* – 5 и 4 вида соответственно. Массовое развитие отмечено для видов родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Chlorella* и *Klebsormidium*.

В почве контрольного участка обнаружено 24 вида зеленых водорослей: Chlorophyceae – 58,3 %, Trebouxiophyceae – 25,0 %, Charophyceae – 16,7 %. Выявлены представители родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Neochlorosarcina* Watanabe, *Geminella*, *Bracteacoccus*, *Scotiellopsis*, *Keratococcus*, *Chlorolobion*, *Chlorella*, *Stichococcus*, *Gloeotila*, *Pseudococcomyxa*, *Klebsormidium*, *Mesotaenium*, *Cosmarium*.

В почвах, отобранных на расстоянии 1 м от костров, горевших 1 и 2 часа, идентифицировали 24 и 28 вида водорослей соответственно. Участие водорослей класса Chlorophyceae и Trebouxiophyceae составляло 58,3 и 46,4 %. На участке K1_1м, в отличие от контрольного, присутствовали водоросли родов *Macrochloris*, *Neosporangiococcum* и *Dictyococcus* Gerneck emend. Starr с невысокой степенью обилия на стеклах обрастания, не обнаружен *Chlorolobion lunulatum* Hindák. На участке K2_1м, в отличие от контрольного, присутствовали водоросли родов *Neosporangiococcum*, *Leptosira*, *Coccomyxa*, *Chlorokybus* Geitler и *Cylindrocystis*, не обнаружены виды *Cosmarium* sp. Некоторое уменьшение видового богатства зеленых водорослей в почвах, прилегающих к кострищам, практически не поврежденных огнем, отмечено в работе Е. В. Сугачковой [13], увеличение – в работах Н. М. Чумачевой и Ж. Ф. Пивоваровой [14].

В почве одночасовых кострищ выявили 17 видов зеленых водорослей, в почве двухчасовых кострищ – 8 видов. При этом сохранилось преобладание хлорофициевых водорослей – 76,5 % (K1_п) и 75,0 % (K2_п). Отмечено уменьшение видового богатства родов *Chlamydomonas*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis* и *Chlorella*. Не обнаружены одноклеточные водоросли родов *Geminella*, *Scotiellopsis*, *Keratococcus*, *Chlorolobion*, *Stichococcus*, *Pseudococcomyxa*, одноклеточные влаголюбивые виды родов *Mesotaenium* и *Cosmarium*, а также способные к образованию распадающихся нитей представители рода *Gloeotila*. В почвах участка (K2_п) не найдены нитчатые водоросли рода *Klebsormidium*. С увеличением продолжительности пирогенного воздействия в почве кострищ имело место сокращение в 2,1 раза видового богатства водорослей, а также существенная перестройка видового состава зеленых водорослей в группировках.

Изучение состава Chlorophyta урбанизированных территорий проводили в почвах придорожных газонов улиц г. Гомеля, на территории ГПТБО и ГХЗ. Средообразующая деятельность человека на территории города приводит к изменению не только абиотической группы факторов (климатических, эдафических, орографических), но биотической группы (микроорганизмов, растительного и животного мира) [5].

Водорослевые группировки обочин и газонов вдоль автомобильных дорог вследствие постоянного загрязнения выбросами автотранспорта и реагентами зимнего ухода за дорожным покрытием дорог часто находятся под воздействием ряда стрессоров [5; 15]. Наблюдается изменение видового богатства водорослей, происходят значительные перестройки в составе альгогруппировок, некоторые виды исчезают, могут появляться новые виды.

В почвах придорожных газонов улиц г. Гомеля выявлено 26 видов почвенных зеленых водорослей, относящихся к 20 родам, 17 семействам, 10 порядкам 4 классам (Chlorophyceae – 57,7 %, Trebouxiophyceae – 30,8 %, Charophyceae – 7,7 %, Ulvophyceae – 3,8 %). Наиболее многочисленными были порядки Scenedesmales (6 видов из родов *Bracteacoccus*, *Neochloris* Starr, *Scotiellopsis*, *Keratococcus* и *Chlorolobion*) и Chlorellales (5 видов родов *Chlorella* и *Stichococcus*). Также были обнаружены представители порядков Volvocales (виды рода *Chlamydomonas*), Chlorococcales (виды родов *Chlorococcum* и *Tetracystis*), Protosiphonales (виды родов *Chlorosarcinopsis*, *Desmotetra*, *Neosporangiococcum*, *Geminella*), Microthamniales (виды родов *Leptosira* и *Microthamnion*), Trebouxiales (виды рода *Myrmecia*), Choricystidales (виды рода *Pseudococcomyxa*), Codiolales (виды рода *Ulothrix*), Klebsormidiales (виды рода *Klebsormidium*). Все семейства зеленых водорослей были маловидовыми.

В почвах придорожных газонов по улице Кирова обнаружено 20 видов водорослей. На долю хлорофициевых водорослей приходилось 50,0 % всех видов, тробуксиофициевых – 35,0 %, харофициевых – 10,0 %, ульвофициевых – 5,0 %. Среди них обнаружены

одноклеточные представители родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Neosporangiococcum*, *Scotiellopsis*, *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *Keratococcus*, *Myrmecia*, *Chlorella*, *Pseudococcomyxa*; пакетообразующие *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*; способные к формированию нитей *Leptosira*, *Microthamnion*, *Ulothrix*, *Klebsormidium*.

В почвах придорожных газонов по улице Советской выявлено 14 видов зеленых водорослей, из которых по 42,8 % составили представители классов Chlorophyceae и Trebouxiophyceae, по 7,2 % приходилось на Charophyceae и Ulvophyceae. Здесь не обнаружены водоросли родов *Neosporangiococcum*, *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *Keratococcus* и *Myrmecia*, большинство из которых приспособлено к перенесению неблагоприятных условий [1; 4].

В почвах придорожных газонов по улице Старочерниговской выявлено 17 видов зеленых водорослей, из которых 58,8 % составили Chlorophyceae, 29,4 % – Trebouxiophyceae, 11,8 % – Charophyceae. Отличия в составе представителей отдела были следующими: не обнаружены представители родов *Leptosira*, *Microthamnion* и *Ulothrix*, обнаружены *Desmotetra*, *Geminella* и *Chlorolobion*, отмечены перестройки внутри остальных родов зеленых водорослей.

По градиенту транспортной нагрузки улиц г. Гомеля в структуре сообществ зеленых водорослей придорожных газонов имело место сокращение числа видов из класса Trebouxiophyceae.

Мощным загрязнителем атмосферного воздуха, почвы и грунтовых вод являются отходы, депонирующиеся на свалках, ввиду протекания в их теле мало предсказуемых физико-химических и биохимических процессов. Видовое богатство почвенных водорослей полигонов-накопителей твердых бытовых отходов зависит от возраста свалки, особенностей формирования и характера высшей растительности. Со временем наблюдается усложнение альгосообществ за счет расширения разнообразия зеленых и сине-зеленых водорослей и появления желто-зеленых и диатомовых. На более поздних стадиях формирования растительности наблюдается обеднение водорослевых сообществ [5; 15].

На территории ГПТБО зеленые водоросли включали представителей 36 видов зеленых водорослей, относящихся к 25 родам, 18 семействам, 12 порядкам классов Chlorophyceae (55,6 %), Trebouxiophyceae (25,0 %), Ulvophyceae (5,6 %) и Charophyceae (11,1 %), а также один род с неясным систематическим положением (*Characium* A. Braun in Kützing).

Среди хлорофициевых зеленых водорослей были обнаружены представители порядков Volvocales (виды рода *Chlamydomonas*), Chlorococcales (виды родов *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Macrochloris*), Protosiphonales (виды родов *Chlorosarcinopsis*, *Neochlorosarcina*, *Desmotetra*, *Neosporangiococcum*, *Geminella*), Scenedesmales (виды родов *Bracteacoccus*, *Dictiochloris* Vischer ex Starr, *Scotiellopsis*, *Scenedesmus*). Требуксиофициевые были представлены порядками Microthamniales (*Leptosira* sp.) и Chlorellales (виды родов *Chlorella*, *Stichococcus*, *Gloeotila*). Ульвофициевые водоросли представлены порядками Chaetopeltiales (*Fernandinella alpina* Chodat) и Codiolales (*Ulothrix* sp.), харофициевые – порядками Klebsormidiales (виды рода *Klebsormidium*), Zygnematales (виды рода *Mesotaenium*) и Desmidiales (виды рода *Cosmarium*). Наиболее широко были представлены порядки Chlorellales и Scenedesmales (7 и 6 видов соответственно). Все семейства, за исключением Chlamydomonadaceae, были маловидовыми. Среди родов наиболее многочисленными были *Chlamydomonas* (5 видов) и *Chlorella* (4).

В почве площадки Св1 обнаружили 18 видов зеленых водорослей, среди которых 55,6 % составили Chlorophyceae (виды родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Bracteacoccus*, *Dictyococcus*, *Scotiellopsis*, *Scenedesmus*), 33,4 % – Trebouxiophyceae (виды родов *Chlorella*, *Stichococcus*, *Gloeotila*, *Coccomyxa* Schmidle) и 11,0 % – Charophyceae (виды рода *Klebsormidium*). В почве площадки Св2 выявлено 24 вида, из них хлорофициевых – 45,8 %, требуксиофициевых – 29,2 %, харофициевых – 16,7 %, ульвофициевых – 8,3 %. Не обнаружены представители родов *Dictyococcus*, *Scenedesmus* и *Coccomyxa*, выявлены представители родов *Neochlorosarcina*, *Desmotetra*, *Geminella*, *Dictiochloris*, *Leptosira*, *Ulothrix*, *Mesotaenium* и *Cosmarium*. В почве площадки Св3 обнаружено 7 видов водорослей, из которых 5 – Chlorophyceae (виды родов *Chlamydomonas*, *Tetracystis*, *Neochlorosarcina*, *Neosporangiococcum*), 2 – Trebouxiophyceae (виды рода *Chlorella*). В почве площадки Св4 выявлено 18 видов водорослей, среди которых 83,3 % – Chlorophyceae (виды родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Macrochloris*, *Chlorosarcinopsis*, *Desmotetra*,

Neosporangiococcum, *Dictyococcus*, *Dictiochloris*, *Scotiellopsis*). В почвах ГПТБО наблюдали сокращение количества видов и таксономического разнообразия при переходе от участков, содержащих органические вещества (Св2, Св1), к участкам с их меньшим количеством (Св4, Св3).

ГХЗ является одним из крупнейших предприятий химической промышленности Беларуси и производит серную и фосфорную кислоты, комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения, гранулированный аммофос, аммонизированный суперфосфат, фтористые соли, фунгициды и т.д. На ГХЗ применяется технология обработки апатитового концентрата, приводящая к образованию твердых фосфогипсовых отходов [16], являющихся типичным примером изначально безжизненного техногенного субстрата. Почвенные водоросли заносятся на подобные субстраты аэрофитно и благодаря ряду физиолого-биохимических особенностей способны осваивать подобные среды существования [4; 6; 15].

На отвалах фосфогипса ГХЗ и прилегающих территориях обнаружено 29 видов почвенных водорослей, принадлежащих к 22 родам, 17 семействам, 12 порядкам, 4 классам. Преобладали водоросли классов Chlorophyceae (51,7 %) и Trebouxiophyceae (34,5 %), менее представлены были Ulvophyceae и Charophyceae (по 6,9 %). Наиболее представленными порядками отдела были Volvocales (6 видов родов *Chlamydomonas*, *Palmellopsis* Korschikov) и Scenedesmales (5 видов родов *Bracteacoccus*, *Scotiellopsis*, *Keratococcus*, *Chlorolobion*). Также вегетировали водоросли порядков Chlorococcales (виды родов *Chlorococcum* и *Tetracystis*), Protosiphonales (виды родов *Chlorosarcinopsis* и *Neosporangiococcum*), Microthamniales (виды родов *Leptosira* и *Microthamnion*), Trebouxiales (виды родов *Myrmecia* и *Elliptochloris* Tschermak-Woess), Chlorellales (виды родов *Chlorella* и *Stichococcus*), Choricystidales (*Pseudococcomyxa simplex*), Chaetopeltidales (*Fernandinella alpina*), Codiolales (*Ulothrix* sp.), Chlorokybales (*Chlorokybus athmophyticus* Geitler), Klebsormidiales (*Klebsormidium flaccidum*). Большинство семейств были маловидовыми, наиболее представленными оказались Chlamydomonadaceae (6 видов); среди родов наиболее многочисленным был род *Chlamydomonas* (5 видов).

Собственно на отвалах фосфогипса выявлен 21 вид зеленых водорослей. Согласно литературным данным [5–7; 15], именно зеленые водоросли чаще всего являются первопоселенцами нарушенных почв и антропогенных безжизненных субстратов.

На свежих отвалах (Фг1) выявлено 8 видов водорослей классов требуксиофициевые (62,5 %) и хлорофициевые (37,5 %). Активно вегетировали водоросли родов *Chlorosarcinopsis* и *Chlorella*, также выявлены *Chlamydomonas*, *Scotiellopsis*, *Myrmecia*, *Elliptochloris* и *Pseudococcomyxa*.

На участках средневозрастных отвалов фосфогипса Фг2б отмечено уменьшение числа водорослей (5 видов), что, возможно, обусловлено более низкой конкурентной способностью водорослей по сравнению со мхами. На участках Фг2а и Фг2б выявлено 11 и 10 видов водорослей соответственно классов Chlorophyceae (63,6 и 40,0 %) и Trebouxiophyceae (36,4 и 60,0 %). Как на свежих, так и на средневозрастных отвалах развивались преимущественно одноклеточные зеленые водоросли, являющиеся убиквистами и способные существовать даже в неблагоприятных условиях [4].

На старых отвалах фосфогипса (Фг3) отмечено некоторое усложнение таксономической структуры сообществ зеленых водорослей в основном за счет увеличения доли способных к образованию нитевидных структур видов родов *Leptosira* и *Microthamnion*.

В почве опушки леса в зоне ветрового переноса фосфогипса свежих отвалов (Пт1) выявлено 17 видов водорослей. Преобладали хлорофициевые водоросли (47,0 %), выявлены и представители классов Trebouxiophyceae (29,4 %), Ulvophyceae и Charophyceae (по 11,8 %). Только на данном участке обнаружены водоросли рода *Chlorokybus*. В почве обочины дороги между отвалами (Пт2) зафиксирован 21 вид водорослей. Преобладали Chlorophyceae – 12 видов (57,1 %), обнаружены представители родов *Chlorolobion*, *Stichococcus*, *Coccomyxa*, *Ulothrix* и *Klebsormidium*.

На территории Гомельского района деградированные почвы занимают 1,2 % сельскохозяйственных земель района. К типу деградированных отнесены почвы, подвергшиеся послемелиоративной деградации [17]. Изменение агрохимических свойств почв по мере развития процессов деградации торфяного слоя идет в сторону ухудшения основных характеристик. Изменяется рН почвенного раствора пахотного горизонта, уменьшается емкость поглощения. Пахотный горизонт, образовавшийся в результате перемешивания остатков

торфа с подстилающей минеральной породой (рыхлые или связные пески и/или супеси), по сравнению с торфяно-глеевыми почвами имеет более благоприятный температурный режим, но влагообеспеченность его сильно зависит от атмосферных осадков.

В почвах деградированных торфяников выявлено 60 видов почвенных зеленых водорослей из 34 родов, 24 семейств, 13 порядков, 4 классов. Преобладали Chlorophyceae – 57,4 % всех видов, на долю Trebouxiophyceae приходилось 24,6 %, Charophyceae – 14,7 %, Ulvophyceae – 3,3 %. Наиболее представлены были порядки хлорофициевых: Scenedesmales (12 видов родов *Bracteacoccus*, *Dictyococcus*, *Scotiellopsis*, *Tetraëdron* Kützing, *Scenedesmus*, *Keratococcus*, *Chlorolobion*), Chlorococcales (8 видов родов *Chlorococcum*, *Radiosphaera* Snow ex Herndon, *Tetracystis*, *Apodochloris* Komárek, *Macrochloris*) и Protosiphonales (8 видов родов *Chlorosarcinopsis*, *Neochlorosarcina*, *Desmotetra*, *Spongiocloris*, *Kentrosphaera* Borzi, *Neospongiococcum*, *Geminella*), а также порядок Chlorellales (9 видов родов *Chlorella* и *Stichococcus*) из требуксиофициевых водорослей. Меньшим видовым разнообразием отличались порядки Volvocales, Microthamniales, Trebouxiales, Choricystidales, Codiolales, Chlorokybales, Klebsormidiales, Zygnematales и Desmidiaceae. Среди семейств наибольшее количество видов было у Chlorococcaceae, Chlamydomonadaceae и Chlorellaceae (5–7 видов), более половины семейств включали 1–2 вида. Наиболее многочисленными были роды *Chlamydomonas* и *Chlorella* (6 и 5 видов соответственно); *Scenedesmus* (4 вида). В целом имело место преобладание маловидовых семейств, что свидетельствует об упрощенной организации альгогруппировок.

В почве дегроторфяника Дт1 обнаружено 26 видов водорослей. Класс Chlorophyceae включал 15 видов водорослей (57,7 %), Trebouxiophyceae – 7 (26,9 %), Ulvophyceae и Charophyceae – по 2 (7,7 %). Наиболее высокой была встречаемость видов водорослей родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Chlorella*, *Stichococcus* и *Klebsormidium*.

В почве площадки Дт2 обнаружено 40 видов водорослей. Из класса Chlorophyceae выявлено 20 видов водорослей (50,0 %); Trebouxiophyceae – 27,5 %, Charophyceae – 17,5 %, Ulvophyceae – 5,0 %. Активно вегетировали водоросли родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Chlorella*, *Stichococcus* и *Klebsormidium*.

В почве площадки Дт3 обнаружено 42 вида почвенных водорослей. Распределение обнаруженных видов водорослей по классам было следующим: Chlorophyceae – 64,3 %, Trebouxiophyceae – 26,2 %, Charophyceae – 7,1 %, Ulvophyceae – 2,4 %. Наиболее активно вегетировали водоросли родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Bracteacoccus*, *Chlorella*, *Stichococcus*, *Gloeotila* и *Klebsormidium*.

Почвенные водоросли площадки Дт4 были представлены 32 видами. Распределение водорослей по классам было следующим: Chlorophyceae – 56,3 %, Trebouxiophyceae – 28,1 %, Charophyceae – 12,5 %, Ulvophyceae – 3,1 %. По сравнению с предыдущими участками, наблюдается некоторое сокращение числа видов зеленых водорослей. Наибольшей встречаемостью характеризовались водоросли родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorella*, *Gloeotila* и *Klebsormidium*.

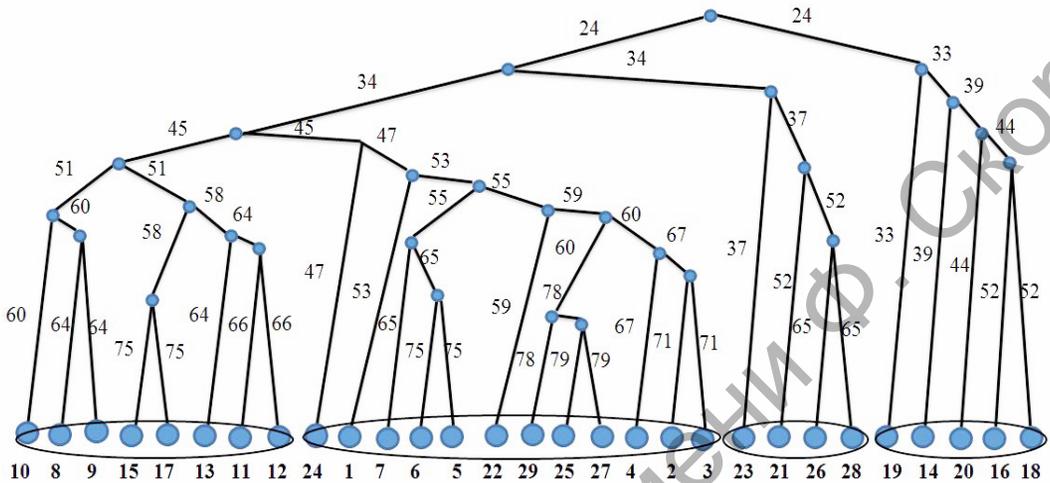
Можно предположить, что полученные данные объясняются связью встречаемости почвенных Chlorophyta со значениями pH почвенного раствора; наиболее благоприятными для развития зеленых водорослей оказались «слабокислые условия существования».

Для сравнения состава сообществ зеленых водорослей на основании результатов расчета коэффициентов сходства Сьеренсена-Чекановского была построена дендрограмма, отражающая уровень сходства видового состава Chlorophyta исследованных территорий.

Зеленые водоросли исследованных антропогенно-преобразованных территорий образовали четыре достаточно обособленные ветви дендрограммы (рисунок 1). В составе наиболее обширной ветви дендрограммы объединены группировки зеленых водорослей деградированных торфяников, лесных тропинок, участков рядом с кострищами и участков ГПТБО Св2 и Св4.

Большое сходство выявлено и для альгогруппировок участков, прилегающих к кострищам (K1_1м, K2_1м, K_контр), коэффициенты сходства составили 78–79 %. Общих видов среди Chlorophyta данных участков – 11. Высоким уровнем сходства характеризовались группировки трех участков деградированных торфяников (Дт2, Дт3 и Дт4) – коэффициенты сходства варьировали в пределах 67–71 %. Количество общих для трех участков видов – 12. Группировки

зеленых водорослей участков, прилегающих к кострищам, и деградированных торфяников объединены между собой на уровне сходства 60 % с наличием 7 общих видов (*Tetracystis* sp.1, *Scotiellopsis* sp., *Bracteacoccus* sp., *Chlorella* sp., *Stichococcus bacillaris* Nägeli, *Chlamydomonas* sp.4, *Chlamydomonas* sp.5). Несколько обособлена от охарактеризованных сообществ водорослей (уровень сходства 59 %) группировка ГПТБО Св2. Из числа общих видов «выпали» *Stichococcus bacillaris* и *Chlamydomonas* sp.4, что указывает на снижение содержания влаги в почве [4].



Пояснения: 1 – Дт1, 2 – Дт2, 3 – Дт3, 4 – Дт4, 5 – Т2, 6 – Т3, 7 – Т1, 8 – Сов, 9 – Кир, 10 – Ст-ч, 11 – Тс1, 12 – Тс2, 13 – Тс3, 14 – Фг3, 15 – Пт1, 16 – Фг1, 17 – Пт2, 18 – Фг2в, 19 – Фг2б, 20 – Фг2а, 21 – Св1, 22 – Св2, 23 – Св3, 24 – Св4, 25 – К1_1м, 26 – К1_п, 27 – К2_1м, 28 – К2_п, 28 – К_контр.

Рисунок 1 – Дендрограмма сходства видового состава зеленых водорослей антропогенно-преобразованных почв

В составе данной ветви дендрограммы отдельную группу сформировали зеленые водоросли лесных тропинок. Группировки водорослей тропинок с примятой растительностью наиболее сходны с группировками тропинок с частичным обнажением минерального слоя почвы (коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил 75 %). Несколько отграничены от них сообщества водорослей тропинок с полным отсутствием травяного покрова (уровень сходства равен 65 %). Количество видов, общих для группировок лесных тропинок, – 6 (*Tetracystis* sp.1, *Scotiellopsis* sp., *Pseudococcomyxa simplex*, *Bracteacoccus* sp., *Chlorella* sp., *Stichococcus bacillaris*). В состав этой обширной ветви дендрограммы также вошли группировки Chlorophyta деградированного торфяника Дт1 (коэффициент сходства – 53 %, количество общих видов – 4) и участка ГПТБО Св4 (коэффициент сходства – 47 %, количество общих видов – 3).

Группировки зеленых водорослей этой ветви дендрограммы наиболее многочисленны по числу видов и разнообразны экологически. С уменьшением степени сходства между группировками водорослей в пределах группы отмечено увеличение доли одноклеточных водорослей-убиквистов среди общих видов.

В составе следующей ветви дендрограммы обособлены группировки зеленых водорослей почв туристических стоянок, придорожных газонов улиц г. Гомеля и территорий, прилегающих к отвалам фосфогипса ГХЗ – Пт1 и Пт2.

Наибольшее флористическое сходство в данной группе отмечено между составом зеленых водорослей территорий, прилегающих к отвалам ГХЗ (коэффициент сходства составляет 75 %). Данные участки характеризует 7 общих видов – *Neosporangium* sp., *Scotiellopsis* sp., *Pseudococcomyxa simplex*, *Keratococcus bicaudatus* (A. Braun) B. Petersen, *Tetracystis aggregata*, *Chlamydomonas gelatinosa* Korschikov in Pascher, *Myrmecia bisecta* Reisingl.

Группировки зеленых водорослей почв туристических стоянок сходны между собой (64–66 %). Для них выявлено 6 общих видов: *Geminella terricola* B. Petersen, *Scotiellopsis rubescens*, *Klebsormidium* sp.1, *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrová, *Myrmecia bisecta*, *Tetracystis aggregata*.

Алгогруппировки почв участков, прилегающих к отвалам ГХЗ, и туристических стоянок имеют уровень сходства 58 %, количество общих видов – 2 (*Tetracystis aggregata*, *Myrmecia bisecta*).

Близкими по видовому составу были группировки Chlorophyta почв придорожных газонов улиц Советской и Кирова (64 %), отличающихся высокой транспортной нагрузкой. Количество общих видов водорослей – 6 (*Tetracystis* sp.1, *Scotiellopsis* sp., *Pseudococcomyxa simplex*, *Chlamydomonas oblongella* J. W. G. Lund, *Microthamnion kuetzingianum* Nägeli, *Ulothrix* sp.). На уровне сходства 60 % группировки зеленых водорослей улиц Кирова и Советской объединены с группировкой водорослей менее загруженной транспортом улицы Старочерниговской. При этом количество общих видов сократилось до 3, исчезли *Chlamydomonas oblongella*, *Microthamnion kuetzingianum* и *Ulothrix* sp.

Зеленые водоросли почв придорожных газонов сходны с группировками туристических стоянок и территорий, прилегающих к отвалам ГХЗ на уровне 51 %; общих видов не выявлено.

Третья ветвь дендрограммы объединила группировки водорослей почв кострищ, участков ГПТБО Св1 и Св3. Наибольшее флористическое сходство в данной группе отмечено для сообществ зеленых водорослей почв кострищ (коэффициент сходства составляет 65 %). Среди общих видов выявлены *Tetracystis* sp.1, *Neospongiococcum* sp., *Bracteacoccus* sp. и *Chlorella* sp. Группировка участка Св1 имеет уровень сходства с сообществами водорослей кострищ 52 %, из числа общих видов выпадает *Neospongiococcum* sp. Несколько обособленной оказалась группировка водорослей участка ГПТБО со строительным мусором (Св3). Коэффициент сходства Сьеренсена-Чекановского водорослей данного участка с группировками зеленых водорослей данной ветви дендрограммы составил 37 %.

Группировки зеленых водорослей данной ветви дендрограммы характеризуются небольшим количеством общих видов, что, вероятно, обусловлено схожестью экологических условий, в которых они формируются: недостаток света и влаги.

В составе четвертой ветви дендрограммы объединены почвенные группировки Chlorophyta техногенных ландшафтов – разновозрастных отвалов фосфогипса ГХЗ. Сообщества свежих отвалов фосфогипса наиболее сходны по видовому составу с сообществами средневозрастных отвалов, где присутствуют высшие растения и мхи (коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил 52 %). Общими видами были *Pseudococcomyxa simplex* и *Myrmecia bisecta*. На уровне сходства 44 и 39 % соответственно к ним примкнули группировки средневозрастных отвалов, где растения отсутствовали, и группировки водорослей старовозрастных отвалов. К группировкам данных участков присоединяются водоросли участка средневозрастного отвала фосфогипса со мхами (коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил 33 %). Общий вид для пяти участков – *Pseudococcomyxa simplex*.

Группа участков в составе данной ветви дендрограммы характеризуется низким видовым разнообразием. Около половины всех обнаруженных видов водорослей встречены единично только на одной из площадок группы, что свидетельствует о токсичности субстратов как среды обитания водорослей и их низкой обеспеченности влагой.

Заключение. Всего в антропогенно-преобразованных почвах Гомельского региона было идентифицировано 76 видов зеленых водорослей из 42 родов, 26 семейств, 15 порядков и 4 классов. Преобладали представители класса Chlorophyceae (54,0 %). Наиболее представлены были порядки Volvocales, Scenedesmales (по 26,3 %) и Chlorellales (21,1 %). В семейственном спектре преобладали представители семейств Chlamydomonadaceae и Chlorococcaceae. Большинство семейств являлись маловидовыми (84,6 %), что свидетельствует об упрощенной организации группировок зеленых водорослей исследуемых антропогенно-преобразованных территорий.

В зависимости от интенсивности антропогенного прессинга и особенностей субстрата показано изменение видового состава и соотношения доминирующих видов в группировках зеленых водорослей исследованных деградированных торфяников, рекреационных и урбанизированных территорий. С увеличением степени антропогенной нагрузки отмечено либо постепенное снижение видового богатства зеленых водорослей, либо имеет место эффект «промежуточного нарушения».

Показано, что сходство видового состава зеленых водорослей антропогенно-преобразованных почв на уровне 40–50 % формируют одноклеточные и пакетобразующие виды-убиквисты –

виды родов *Tetracystis*, *Chlorella* и *Bracteacoccus*. Более высокий уровень сходства (до 80 %) обеспечивается участием водорослей различного габитуса. Видовой состав почвенных зеленых водорослей, сходных по виду антропогенной нагрузки почв, сходен на уровне 60–80 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зенова, Г. М. Почвенные водоросли / Г. М. Зенова, Э. А. Штина. – М. : МГУ, 1990. – 80 с.
2. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, концепт флори) / редкол.: І. Ю. Костіков [та інш.]. – Київ : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
3. Шалару, В. Почвенные водоросли естественных и искусственных фитоценозов Республики Молдова : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05 / В. Шалару ; Ин-т ботаники АН РМ. – Кишинёв, 1996. – 48 с.
4. Штина, Э. А. Экология почвенных водорослей / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 143 с.
5. Хайбуллина, Л. С. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий / Л. С. Хайбуллина, Н. В. Суханова, Р. Р. Кабиров. – Уфа : Гилем, 2011. – 216 с.
6. 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. – С. 435–443.
7. 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. ... д-ра биол. наук : 03.02.08 ; 03.02.01 / Л. В. Кондакова ; Вятский гос. гуманитар. ун-т, лаб. биомониторинга Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар, 2012. – 34 с.
8. Бачура, Ю. М. Структура сообществ почвенных водорослей и их использование для альгоиндикации почв (на примере Гомельского региона) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Ю. М. Бачура ; Гом. гос. ун-т. – Гомель, 2013. – 28 с.
9. Кабиров, Р. Р. Выделение почвенных альгоценозов методом Браун-Бланке / Р. Р. Кабиров, Н. В. Суханова, Л. С. Хайбуллина ; Башкир. гос. пед. ун-т. – Уфа, 1999. – 35 с. – Деп. в ВИНТИ 31.03.99, № 1014-B99 // РЖ : 04. Биология. Сводный том. – 1999. – № 11. – 04B2.78ДЕП.
10. 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 : 15.09.2014.
11. Новаковский, А. Б. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS» / А. Б. Новаковский. – Сыктывкар : Коми научный центр УрО РАН, 2004. – 31 с.
12. Новаковская, И. В. Почвенные водоросли еловых лесов и их изменения в условиях азротехногенного загрязнения / И. В. Новаковская, Е. Н. Патова. – Сыктывкар : Коми НЦ УрО РАН, 2011. – 128 с.
13. Сугачкова, Е. В. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества почвенных водорослей : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Е. В. Сугачкова ; Башкир. гос. пед. ун-т. – Уфа, 2000. – 20 с.
14. Пивоварова, Ж. Ф. Особенности распределения почвенных водорослей на участках кострищ / Ж. Ф. Пивоварова, Н. М. Чумачева // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 4. – С. 419–422.
15. Кузнецова, Е. В. Альгофлора урбанизированных территорий города Мелеуз и его окрестностей : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Е. В. Кузнецова ; Башкир. гос. ун-т. – Уфа, 2006. – 17 с.
16. Артемьев, В. И. Гомель. Справочник: справочное издание / В. И. Артемьев. – Минск : Высш. шк., 1999. – 373 с.
17. Цытрон, Г. С. Полевая диагностика почв Беларуси : практ. пособие / Г. С. Цытрон. – Минск : Учеб. центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров землеустроит. и картографогеод. службы, 2011. – 175 с.

Поступила в редакцию 01.10.15.

"Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology"
Vol. 6, No. 1, 2016, pp. 118–129
© Yanka Kupala State University of Grodno, 2016

Green algae of anthropogenically transformed soils (by the example of Gomel region)

Yu. M. Bachura

Francisk Skorina Gomel State University (Belarus)

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

Abstract. 76 species of green algae, belonging to 42 genera, 26 families, 15 orders classes Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae and Charophyceae are identified in the anthropogenically transformed soils of Gomel region. It is observed the changes in species composition and ratio of the dominant species of green

algae in the groups of studied territories depending on the intensity of anthropogenic pressure and characteristics of the substrate. It is shown that the similarity of species composition of green algae anthropogenically transformed soils at the level of 40–50 % formed unicellular and package-formed species-ubikvisty – species of class of Tetracystis, Chlorella and Bracteacoccus. A higher level of similarity (80 %) is provided by the participation of various algae habit. The species composition of green algae similar in appearance anthropogenic load of soil is similar to the level of 60–80 %.

Keywords: anthropogenically transformed soils, coefficient of similarity in species composition, structure of algal communities, soil green algae.

References

1. Zenova G. M., Shtina E. A. Soil algae [*Pochvennyye vodorosli*]. Moscow, 1990, 80 p.
2. Soil algae of Ukraine (history and research methods, system, synopsis of Flora) [*Vodorosti gruntiv Ukrainy (istoriia ta metody doslidzhennia, systema, konspekt flory)*]; ed. board.: I. Yu. Kostikov [et al.]. Kyiv, 2001, 300 p.
3. Shalaru V. Soil algae of natural and artificial phytocenoses of the Republic of Moldova [*Pochvennyye vodorosli estestvennykh i iskusstvennykh fitotsenozov Respubliki Moldova : avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk*]. Kishinev, 1996, 48 p.
4. Shtina E. A., Gollerbakh M. M. Ecology of soil algae [*Ekologiya pochvennykh vodoroslei*]. Moscow, 1976, 143 p.
5. Khaibullina L. S., Sukhanova N. V., Kabirov R. R. Flora and syntaxonomy of soil algae and cyanobacteria of urbanized territories [*Flora i sintaksonomiia pochvennykh vodoroslei i tsianobakterii urbanizirovannykh territorii*]. Ufa, 2011, 216 p.
6. Shtina E. A. Soil algae as pioneers overgrown man-made substrates and status indicators of disturbed land [*Pochvennyye vodorosli kak pionery zarastaniia tekhnogenykh substratov i indikatory sostoianiia narushennykh zemel'*]. *Zhurnal obshchei biologii*, 1985, vol. XLVI, No. 4, pp. 435-443.
7. Kondakova L. V. Algo-cyanobacterial flora and features of its development in anthropogenically disturbed soils (for example, soil southern taiga of European Russia) [*Al'go-tsianobakterial'naia flora i osobennosti ee razvitiia v antropogenno narushennykh pochvakh (na primere pochv podzony iuzhnoi taigi Evropeiskoi chasti Rossii) : avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk*]. Syktyvkar, 2012, 34 p.
8. Bachura Yu. M. Structure of communities of soil algae and their use for algoindikatsii soil (for example, Gomel region) [*Struktura soobshchestv pochvennykh vodoroslei i ikh ispol'zovanie dlia al'goindikatsii pochv (na primere Gomel'skogo regiona) : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*]. Gomel, 2013, 28 p.
9. Kabirov R. R., Sukhanova N. V., Khaibullina L. S. Admeasurement of soil algoeceneses by Brown-Blanke [*Vydelenie pochvennykh al'gotsenozov metodom Braun-Blanke*]. Ufa, 1999, 35 p. Dep. v VINITI 31.03.99, No. 1014-V99.RZh : 04. Biologiya. Svodnyi tom, 1999, No. 11, 04V2.78DEP.
10. Database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms; ed. M. D. Guiry, 1996-2013 [Electronic resource].
11. Novakovski A. B. Possibility and principles of software module "GRAPHS" [*Vozmozhnosti i printsipy raboty programmnoho modul'ia "GRAPHS"*]. Syktyvkar, 2004, 31 p.
12. Novakovskaya I. V., Patova E. N. Soil algae of spruce forests and its changes in the conditions of aerotechnogenic contamination [*Pochvennyye vodorosli elovykh lesov i ikh izmeneniia v usloviakh aerotekhnogennoho zagriazneniia*]. Syktyvkar, 2011, 128 p.
13. Sugachkova E. V. Influence of recreational load on the community of soil algae [*Vliianie rekreatsionnoi nagruzki na soobshchestva pochvennykh vodoroslei : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*]. Ufa, 2000, 20 p.
14. Pivovarova Zh. F., Chumacheva N. M. The distribution of soil algae in fireplaces areas [*Osobennosti raspredeleniia pochvennykh vodoroslei na uchastkakh kostrishch*]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2001, No. 4, pp. 419-422.
15. Kuznetsova E. V. Algoflora of urbanized areas of Meleuz and its surrounding area [*Al'goflora urbanizirovannykh territorii goroda Meleuz i ego okrestnostei : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*]. Ufa, 2006, 17 p.
16. Artemev V. I. Gomel. Hand-book: reference book [*Gomel'. Spravochnik: spravochnoe izdanie*]. Minsk, 1999, 373 p.
17. Tsytron G. S. Field diagnostics of soil of Belarus [*Polevaia diagnostika pochv Belarusi : prakt. posobie*]. Minsk, 2011, 175 p.

