

УДК 631.466.3:631.46(476.2-21Гомель):631.466.3:631.46(571.14-21Новосибирск)

Почвенные водоросли и цианобактерии городских газонов (на примере г. Гомеля и г. Новосибирска)

Ю.М. БАЧУРА¹, А.Г. БЛАГОДАТНОВА²

Всего в исследованных почвах городов (Гомель и Новосибирск) обнаружено 63 вида почвенных водорослей и цианобактерий, относящихся к 42 родам, 38 семействам, 19 порядкам, 7 классам, 4 отделам. Изменения таксономической организации альго-цианобактериофлоры могут служить показателями состояния окружающей среды, в частности, диагностировать степень нагрузки. В зависимости от степени антропогенного прессинга (загруженность транспортных магистралей) меняется соотношение доминирующих таксонов различных рангов. Наряду с однотипностью городской альго-цианобактериофлоры (городов Гомеля и Новосибирска), прослеживается определенная специфика таксономической структуры, которая связана с почвенно-экологическими особенностями исследованных почв городских газонов.

Ключевые слова: почвенные водоросли, цианобактерии, городские почвы, таксономическая структура водорослей и цианобактерий.

In the soils of the studied cities (Gomel and Novosibirsk) it was found 63 species of soil algae and Cyanobacteria belonging to 42 genera, 38 families, 19 orders, 7 classes, 4 departments. Changes in taxonomic organization of algaeflora can serve as environmental indicators, in particular, it is possible to diagnose the degree of stress. Depending on the degree of anthropogenic pressure (loaded highways) the ratio of the prevailing taxa of different ranks is changing. Along with the uniformity of algaeflora of the city (cities of Gomel and Novosibirsk), some specifics, which is associated with soil and environmental characteristics of the soils of urban lawns is traced.

Keywords: soil algae, cyanobacteria, urban soil, taxonomic structure of algae and cyanobacteria.

Введение. Средообразующая деятельность человека на территории города приводит к изменению не только абиотической группы факторов, но биотической [1]. Оценка качества среды производится по ряду природных параметров, причем лидирующие позиции в современном экологическом мониторинге принадлежат биологическим тест-объектам и биоиндикатором. Этот факт обусловлен достаточно небольшими финансовыми затратами и неоспоримой надежностью полученных результатов – ответ живой системы на воздействие различного рода факторы. В условиях постоянного загрязнения выбросами автотранспорта и реагентами зимнего ухода за дорожным покрытием водорослевые группировки обочин и газонов вдоль автомобильных дорог часто находятся под воздействием ряда стрессоров [1]–[4]. Происходит изменение видового разнообразия водорослей, наблюдаются значительные перестройки в составе альгогруппировок, некоторые виды исчезают, могут появляться и новые виды. Целью данного исследования было изучение видового состава почвенных водорослей и цианобактерий некоторых улиц города Гомеля и Новосибирска.

Материалы и методика исследований. Материалом для исследования послужили результаты обработки почвенных образцов, отобранных на территории города Гомеля и Новосибирска по общепринятой в почвенной альгологии методике [5].

Город Гомель – второй по численности населения город в Беларуси, крупный транспортный узел и развитый промышленный центр с интенсивным ведением пригородного сельского хозяйства. В Гомеле почвенные образцы были отобраны на придорожных газонах некоторых улиц: 1) улица Кирова (Кир) – узкая (трехполосное движение), характеризуется интенсивным транспортным потоком, имеется движение общественного транспорта, разрешен проезд грузовых автомобилей; 2) улица Советская (Сов) – широкая (шестиполосное движение), с интенсивным движением легкового и общественного транспорта, проезд грузовиков запрещен; 3) улица Старочерниговская (Ст-ч) – узкая (двухполосное движение немногочисленного легкового транспорта), отсутствует общественный и грузовой транспорт.

Город Новосибирск является индустриальным центром Западной Сибири, расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. В Новосибирске почвенные образцы были отобраны на придорожных газонах некоторых улиц: 1) улица Немировича-Данченко – широкая (четырёхполосное движение), характеризуется интенсивным транспортным потоком, имеется движение общественного транспорта, разрешен проезд грузовых автомобилей; 2) улица Проспект К. Маркса – широкая (шестиполосное движение), с интенсивным движением легкового и общественного транспорта, проезд грузовиков запрещен; 3) улица Новогодняя – узкая (двухполосное движение немногочисленного легкового транспорта), отсутствует общественный и грузовой транспорт.

При установлении видового состава водорослей и цианобактерий использовали культуральные методы: почвенные культуры со стеклами обрастания и агаровые культуры [5], [6]. Степень развития водорослей и цианей оценивали по 3-балльной шкале Р.Р. Кабирова [1]. Систематическое положение объектов приводили в соответствии с [6]; для видов, отсутствующих в данной сводке, – по данным сайтов Algaebase [7] и CyanoDB [8].

Результаты исследований и их обсуждение. Всего в исследованных почвах городов (Гомель и Новосибирск) обнаружено 63 вида почвенных водорослей и цианобактерий, относящихся к 42 родам, 38 семействам, 19 порядкам 7 классам, 4 отделам (таблица 1).

Таблица 1 – Таксономическая структура почвенных водорослей и цианобактерий придорожных газонов некоторых улиц г. Гомеля и г. Новосибирска

Отдел	Гомель					Новосибирск				
	Количество таксонов					Количество таксонов				
	классов	порядков	семейств	родов	видов	классов	порядков	семейств	родов	видов
Chlorophyta	4	10	17	20	26	3	6	11	15	22
Bacillariophyta	1	3	6	7	12	1	1	3	3	6
Cyanobacteria	1	3	6	6	11	3	5	10	17	33
Xanthophyta	1	2	3	3	4	3	4	4	6	8
Всего	7	18	32	36	53	10	16	28	41	69

На долю зеленых водорослей в почвах Гомеля приходилось 49,1 % всех видов, диатомовых – 22,6 %, цианобактерий – 20,8 %, желто-зеленых водорослей – 7,5 %. Преобладание Chlorophyta в почвах г. Гомеля согласуется с литературными данными [1]–[4]. Внутри отдела наиболее многочисленными были порядки Scenedesmales (6 видов из родов *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *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*, *Neospongiococcum*, *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. Среди Bacillariophyta наиболее многочисленным был порядок Naviculales – 10 видов – 83,3 % общего числа видов диатомей (виды родов *Luticola*, *Pinnularia*, *Caloneis*, *Navicula* и *Stauroneis*). В отделе Cyanobacteria наиболее представленным был порядок Oscillatoriales (5 видов родов *Phormidium* и *Microcoleus* из Phormidiaceae, 2 вида рода *Leptolyngbya* из *Pseudanabaenaceae* и 1 вид рода *Oscillatoria* из *Oscillatoriaceae*). Также обнаружены представители родов *Anabaena* и *Nostoc*. Xanthophyta были представлены порядками Mischococcales (виды родов *Pleurochloris* и *Heterococcus*) и Tribonematales (виды рода *Xanthonema*). Согласно литературным данным в альгофлоре обочин автомобильных дорог могут доминировать как зеленые водоросли, так и цианобактерии; доля и встречаемость желто-зеленых водорослей часто невелики – они чувствительны к изменению условий существования [1], [4], [9], [10].

Несколько другая картина складывалась в почве газонов улиц Новосибирска. Наибольшее число таксонов различного ранга наблюдалось в отделе Cyanobacteria, что отмечено рядом авторов как особенность почв городской экосистемы [10]. Кроме того, доказано наличие у цианей сигнальных систем (QS-систем), в которых синтез химических факторов

приводит к изменению физиологического статуса популяции, что позволяет им в более короткие сроки адаптироваться к изменяющимся условиям среды [11]. В отделе Cyanobacteria преобладали Oscillatoriales (*Phormidium*, *Symploca*, *Leptolyngbya*, *Oscillatoria*). Малым числом видов представлены роды *Nostoc* и *Borzia*. Представители Chlorophyta в почвах г. Новосибирска по долевному участию несколько уступали цианобактериям (31,9 против 47,8 %). Наиболее многочисленным оказался порядок Chlorococcales (2 вида *Chlorella*, одновидовые *Coccomyxa*, *Scotiellopsis*, *Myrmecia*, *Dictyococcus*). Chlamydomonadales был представлен одним семейством (4 вида рода *Chlamydomonas*). Среди Desmidiaceae преобладали представители *Closterium*. Доля Xanthophyta в спектре составляла 11,5 %. Аналогичный показатель, например, для города Красноярска – 15 % [12]. Отдел Xanthophyta представлен 4 порядками: Heterococcales (виды семейства Pleurochloridaceae), Heterocapsales (виды рода *Heterogloea*), Tribonematales (одновидовые роды *Heterothrix* и *Tribonema*), Heterocloniales (род *Heterococcus*). Небольшое доленое участие видов данного отдела характерно для почв городов, на что указывает в своей работе Р.Р. Кабиров [4]. Литературные данные свидетельствуют о достаточном развитии представителей Bacillariophyta в городских почвах [4]. Однако рядом авторов отмечается снижение доли диатомовых в кислых почвах, обильное развитие в нейтральных и щелочных [12]. Альгофлора исследованных почв г. Новосибирска включает небольшое число видов Bacillariophyta – около 10 % – (в основном виды с широкой экологической валентностью – виды родов *Pinnularia*, *Navicula*, *Hantzschia*).

Ведущие семейства альгофлоры городов Гомеля и Новосибирска несколько различны как по качественным, так и количественным параметрам (рисунок 1).

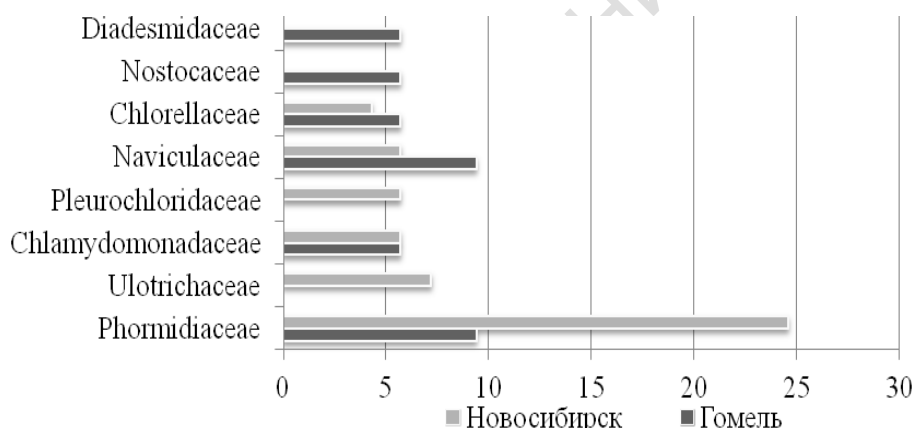


Рисунок 1 – Соотношение представленности семейств по числу видов в почвах г. Гомеля и г. Новосибирска (%)

Общие семейства в головном спектре представлены распространенными Chlamydomonadaceae, Chlorellaceae, Naviculaceae и Phormidiaceae. Представители Chlamydomonadaceae способны быстро переходить в палмеллоидное состояние, что позволяет им существовать в достаточно агрессивных условиях городских почв. Долевое участие представителей Chlorellaceae высоко во флорах почв обоих городов, что объясняется широкой экологической валентностью большинства представителей семейства. Следует отметить наличие в альгофлорах специфических семейств (Nostocaceae, Diadesmidaceae – для Гомеля и Ulotrichaceae и Pleurochloridaceae – для Новосибирска). Ведущими семействами по числу видов в альгофлоре улиц города Гомеля являются Phormidiaceae, Naviculaceae, Nostocaceae, Diadesmidaceae, Chlamydomonadaceae и Chlorellaceae, составившие 41,6 % от общего видового разнообразия почвенных водорослей и цианобактерий. Семейственный спектр альгофлоры почв городских газонов Новосибирска представлен 12 семействами, среди которых доминирует Phormidiaceae как с типичными для городских почв видами (*Phormidium fragile*), так и убиквидами. Большой процент ведущих семейств приходится на отдел цианобактерий, что диагностирует подщелачивание среды.

Альго-цианобактериальная флора исследованных почв городских газонов отличается значительным долевым участием одновидовых семейств (около 1/3 спектра). Возможно, этот факт указывает на протекание процессов сингенеза. В ходе формирования флоры, когда занимаются свободные экологические ниши, обостряются конкурентные взаимоотношения. Известно, что водоросли активно преодолевают экотопические барьеры [13].

Изменения таксономической организации водорослевой и цианобактериальной флоры могут служить показателями состояния окружающей среды, в частности, диагностируют степень нагрузки. Сравнение таксономического состава водорослей и цианобактерий придорожных газонов улиц г. Гомеля приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Таксономическая структура альго-цианобактериальных сообществ придорожных газонов некоторых улиц г. Гомеля

Отдел	Улицы		
	Кирова	Советская	Старочерниговская
Chlorophyta	20 (54,1) *	14 (48,3)	17 (53,1)
Bacillariophyta	10 (27,0)	5 (17,2)	8 (25,0)
Cyanobacteria	6 (16,2)	7 (24,2)	6 (18,8)
Xanthophyta	1 (2,7)	3 (10,3)	1 (3,1)
Всего	37	29	32

*За скобками – число видов, в скобках – % от общего числа видов

В почвах придорожных газонов по улице Кирова обнаружено 37 видов водорослей и цианобактерий, из них: зеленых – 54,1 % всех видов, цианобактерий – 16,2 %, диатомовых – 27,0 %, желто-зеленых – 2,7 %. Среди Chlorophyta обнаружены одноклеточные представители родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Neosporangium*, *Scotiellopsis*, *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *Keratococcus*, *Myrmecia*, *Chlorella*, *Pseudococcomyxa*, пакетообразующие *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, способные к формированию нитей *Leptosira*, *Microthamnion*, *Ulothrix*, *Klebsormidium*. Цианобактерии включали в основном безгетероцистных нитевидных представителей родов *Phormidium*, *Microcoleus* и *Leptolyngbya*. Желто-зеленые водоросли были представлены водорослями рода *Xanthonema*, диатомовые – рр. *Luticola*, *Pinnularia*, *Caloneis*, *Navicula*, *Stauroneis*, *Gomphonema* и *Hantzschia*. Активное развитие диатомей, вероятно, обусловлено повышенной влажностью почв [9], [14].

В почвах придорожных газонов по улице Советской выявлено 29 видов водорослей и цианобактерий, из которых 48,3 % составили представители отдела Chlorophyta, 24,2 % – Cyanobacteria, 17,2 % – Bacillariophyta, 10,3 % – Xanthophyta. Здесь не обнаружены цианеи рода *Oscillatoria*, зеленые водоросли родов *Neosporangium*, *Bracteacoccus*, *Neochloris*, *Keratococcus* и *Myrmecia*, большинство из которых приспособлены к перенесению неблагоприятных условий [14]. В составе альгогруппировок имело место сокращение количества видов диатомей (не обнаружены *Pinnularia viridis*, *Caloneis bacillum*, *Navicula pelliculosa*, *Stauroneis* sp. и *Gomphonema* sp); отмечены желто-зеленые водоросли родов *Pleurochloris* и *Heterococcus*, гетероцистные цианобактерии родов *Anabaena* и *Nostoc*, зеленые водоросли рода *Stichococcus*.

В почвах придорожных газонов по улице Старочерниговская выявлено 32 вида водорослей и цианобактерий, из которых 53,1 % составили Chlorophyta, 18,8 % – Cyanophyta, 25,0 % – Bacillariophyta, 3,1 % – Xanthophyta. Состав цианобактерий и диатомовых водорослей в почвах данного участка исследований не отличался от вышеописанных, из желто-зеленых водорослей присутствовали только представители рода *Xanthonema*. Наиболее существенными были отличия в составе представителей отдела Chlorophyta: не обнаружены представители родов *Leptosira*, *Microthamnion* и *Ulothrix*, обнаружены *Desmotetra*, *Geminella* и *Chlorolobion*, отмечены перестройки внутри остальных родов зеленых водорослей.

Анализ встречаемости почвенных водорослей и цианобактерий в баллах [1] позволил выделить две группы водорослей, приуроченных к почвам исследованных улиц. Первая группа, состоящая из зеленых водорослей (*Chlamydomonas oblongella*, *Microthamnion kuetzingianum*, *Ulothrix* sp.), цианобактерий (*Phormidium dimorphum*) и диатомовых водорослей

(*Pinnularia borealis*) приурочена к наиболее загруженной движением транспорта улице Кирова. Представители этой группы с невысокими баллами обилия отмечены на менее загруженной транспортом улице Советской и не выявлены в почве улицы Старо-черниговской. Влаголюбивые виды водорослей (*Navicula pelliculosa*, *Gomphonema* sp., *Nostoc punctiforme*, *Stichococcus bacillaris*) образовали вторую группу, присущую почвам газонов наименее загруженной транспортом улицы Старо-черниговской. Все эти виды не выносят перегрева [5, 9]. Почвы газонов улиц Кирова и Старо-черниговской объединяют влаголюбивые зеленые водоросли (*Chlorella mirabilis*, *Chlamydomonas gelatinosa*, *Klebsormidium* sp. 1. Отдельно выделена группа зеленых и желто-зеленых водорослей (*Stichococcus bacillaris*, *Chlamydomonas* sp. 2 и *Xanthonema* sp. 1), связывающая почвы улицы Старо-черниговской и Советской. По мере уменьшения транспортной нагрузки (Кир → Сов → Ст-ч) в почвах придорожных газонов наблюдали снижение доли зеленых водорослей и некоторое возрастание доли диатомей в составе определенных групп водорослей.

Таксономическая организация флоры водорослей и цианобактерий в почвах городских газонов г. Новосибирска имеет несколько отличную структуру от таковой в г. Гомеле. Почти на всех исследованных улицах доминирующим отделом являлся Cyanobacteria, но на улице Новогодняя ведущим отделом становился Chlorophyta с разницей в несколько процентов по сравнению с отделом Cyanobacteria (таблица 3). Виды отделов Chlorophyta и Cyanobacteria в почвах улицы Новогодняя (минимальная нагрузка) находились в равных долях. Тем не менее, доленое участие зеленых водорослей на несколько процентов больше, что объясняется заболоченностью территории. На каждой из улиц число видов отделов Xanthophyta и Bacillariophyta незначительно. Уменьшение долевого участия видов Xanthophyta прямо пропорционально повышению антропогенного прессинга.

Таблица 3 – Таксономическая структура альго-цианобактериальных сообществ придорожных газонов некоторых улиц г. Новосибирска

Отдел	Улицы		
	Немировича-Данченко	Проспект К. Маркса	Новогодняя
Chlorophyta	4 (14,8) *	6 (17,6)	18 (40,9)
Bacillariophyta	1 (3,7)	3 (8,8)	5 (11,3)
Суанобактерия	19 (70,3)	20 (59,1)	17 (38,6)
Xanthophyta	2 (7,4)	5 (14,7)	4 (9,1)
Всего	26	34	44

*За скобками – число видов, в скобках – % от общего числа видов

В почвах газонов улицы Немировича-Данченко было обнаружено 26 видов водорослей и цианобактерий, которые относятся к 4 отделам, 5 классам, 7 порядкам, 12 семействам и 15 родам. Наибольшее доленое участие в видовом спектре отмечено для Cyanobacteria (72 %), что характерно для почв городской экосистемы. Далее следовал отдел Chlorophyta – 16 %, Xanthophyta – 8 %, Bacillariophyta – 4 %. Семейственный спектр представлен 12 семействами, среди которых доминирует Phormidiaceae. Большой процент ведущих семейств приходился на цианобактерии, что диагностирует подщелачивание среды. Флора почвенных водорослей исследованной территории формируется как специфичными видами, так и убикистами. Доля последних составляла около 60 %. Виды-убиквисты обладают широкой экологической валентностью, среди прочих можно отметить: *Chlorella vulgaris*, *Microcystis pulverea*, *Oscillatoria brevis*, *Hantzschia amphioxys*. Около 10 % оказались специфичными. Например, вид *Halposiphon fontinalis* типичен для торфяных болот. Территория исследованной улицы расположена на осушенных торфяных болотах. Наличие этого вида свидетельствует о проявлении «памяти почвы» [15].

В почвах придорожных газонов улицы Проспект К. Маркса было зарегистрировано 34 вида водорослей и цианобактерий, принадлежащих к 4 отделам, 8 классам, 11 порядкам, 16 семействам и 21 роду. Наибольшее доленое участие в спектре имели представители отдела Cyanobacteria – 59 % от общего числа видов. Вторую позицию занимал отдел Chlorophyta,

составляя 17 % от общего числа видов. В головном спектре семейств доминировал Phormidiaceae (32,4 %), что свидетельствует о повышении влажности и кислотности среды. Семейство Pleurochloridaceae диагностирует голарктический элемент флоры.

В пределах придорожных газонов улицы Новогодняя обнаружено 44 вида, которые относятся к 4 отделам, 10 классам, 13 порядкам, 22 семействам и 33 родам. Из четырех отделов наибольшее доленое участие в видовом спектре имели отделы Chlorophyta и Cyanobacteria. Присутствие отдела Xanthophyta свидетельствует о том, что антропогенная нагрузка на сообщество не велика. Доминирование отделов Chlorophyta и Cyanobacteria указывает на экстремальность среды, которая выражается в постоянном переувлажнении почв (84,5 %) и кислотности среды (рН 4,6), а также на усиление антропогенной нагрузки. Семейственный спектр представлен многочисленными видами семейства Phormidiaceae (*Oscillatoria brevis*, *Phormidium tenue*) и семейства Ulotrichaceae (*Ulothrix variabilis*, *Chlorhormidium flaccidum*). На долю лидирующих семейств приходилось 72,9 %, что указывало на бореальный тип альгофлоры. Лидирующие позиции занимали семейства Phormidiaceae, Ulotrichaceae, которые диагностируют переувлажнение почвы. Также в спектре присутствует семейство Closteriaceae, представленное типичными для болот видами *Closterium pusillum* и *Cl. striolatum*. Процент одновидовых семейств составляет 24,3 %, из которых на долю Chlorophyta приходится 13,5 %.

Анализ встречаемости почвенных водорослей и цианобактерий в баллах [1] позволил выделить две группы водорослей, приуроченные к почвам исследованных улиц. Первая группа, состоящая из зеленых водорослей (*Chlamydomonas conferta*, *Chlorhormidium dissectum*, *Ulothrix variabilis*) и цианобактерий (*Phormidium ambiguum*, *Borzia trilocularis*) приурочена к наиболее загруженной движением транспорта улице Немировича-Данченко. Представители этой группы с менее высокими баллами обилия отмечены на менее загруженной транспортом улице Проспект К. Маркса и не выявлены в почве улицы Новогодняя. Виды водорослей (*Hantzschia amphioxys* var. *amphioxys* f. *capitata*, *Coccomyxa confluens*) и цианобактерия (*Schizothrix arenaria*) образовали вторую группу, присущую почвам газонов наименее загруженной транспортом улицы Новогодняя. По мере уменьшения транспортной нагрузки (Немировича-Данченко → Проспект К. Маркса → Новогодняя) в почвах придорожных газонов наблюдали снижение доли зеленых водорослей и цианобактерий при некотором возрастании доли диатомовых и желто-зеленых водорослей.

Заключение. Всего в исследованных почвах городов (Гомель и Новосибирск) обнаружено 63 вида почвенных водорослей и цианобактерий, относящихся к 42 родам, 38 семействам, 19 порядкам, 7 классам, 4 отделам. В таксономической структуре доминирует отдел Chlorophyta и Cyanobacteria, семейство Phormidiaceae. Изменения таксономической организации альго-цианобактериофлоры могут служить показателями состояния окружающей среды, в частности, диагностировать степень антропогенной нагрузки. Происходит явное упрощение таксономической организации (уменьшение числа семейств, родов и видов) и снижения долевого участия Xanthophyta. По мере уменьшения транспортной нагрузки в почвах придорожных газонов наблюдали снижение доли зеленых водорослей (Гомель, Новосибирск) и цианобактерий (Новосибирск) при некотором возрастании доли диатомовых (Гомель, Новосибирск) и желто-зеленых водорослей (Новосибирск).

Литература

1. 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.
2. Кузнецова, Е.В. Альгофлора урбанизированных территорий города Мелеуз и его окрестностей : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Е.В. Кузнецова ; Башк. гос. ун-т. – Уфа, 2006. – 17 с.
3. Суханова, Н.В. Почвенные водоросли городских экосистем : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Н.В. Суханова ; Башкирский гос. ун-т. – Уфа, 1996. – 21 с.
4. Кабиров, Р.Р. Почвенные водоросли городских газонов (Уфа, Башкортостан) / Р.Р. Кабиров, Н.В. Суханова // Ботан. ж. – 1997. – Т. 82, № 3. – С. 46–57.
5. Голлербах, М.М. Почвенные водоросли / М.М. Голлербах, Э.А. Штина. – М. : Наука, 1969. – 228 с.

6. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / редкол.: І.Ю. Костіков [та інш.]. – Київ : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
7. 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 : 15.09.2011.
8. 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 : 15.09.2014.
9. Штина, Э.А. Экология почвенных водорослей / Э.А. Штина, М.М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 143 с.
10. Дубовик, И.Е. Влияние антропогенного воздействия на биоразнообразие водорослей в почвенной и наземно-воздушной среде / И.Е. Дубовик, И.П. Климина, Н.Г. Смирнова // Вестник ОГУ. – 2009. – № 6 (100). – С. 568–570.
11. Семенова, Л.Р. Оценка способности культур цианобактерий к продукции N-ацил-гомосерин лактонов-аутоиндукторов QS-систем регуляции / Л.Р. Семенова, И.О. Селях, П.Н. Щербаков // Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов : материалы Всерос. симп. с междунар. участием, Москва, 24–27 декабря 2009 г. / МГУ. – М., 2009. – С. 167.
12. Трухницкая, С.М. Альгофлора рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы / С.М. Трухницкая. – Красноярск, 2008. – 135 с.
13. Пивоварова, Ж.Ф. Особенности таксономической структуры почвенных фотоавтотрофов при освоении первичных субстратов / Ж.Ф. Пивоварова, Л.В. Факторович, А.Г. Благодатнова // Растительный мир Азиатск. России. – 2012. – Т. 1, № 1. – С. 16–21.
14. Штина, Э.А. Альгологический мониторинг почв / Э.А. Штина, Г.М. Зенова, Н.А. Манучарова // Почвоведение. – 1998. – № 12. – С. 1449–1461.
15. Таргульян, В.О. Почва как биокосная природная система: «реактор», «память» и регулятор биосферных взаимодействий / В.О. Таргульян, Т.А. Соколов // Почвоведение. – 1996. – № 1. – С. 34–47.

¹Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

²Новосибирский государственный педагогический университет, Институт естественных и социально-экономических наук

Поступила в редакцию 07.03.2015