

## ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНО-ВОДОРΟΣЛЕВЫЕ ЦЕНОЗЫ ПОЧВ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

Суханова Н.В.<sup>1</sup>, Фазлутдинова А.И.<sup>1</sup>, Кабиров Р.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Башкирский Государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа, Россия (450000, Уфа, ул. Октябрьской революции, 3а), e-mail: n\_suhanova@mail.ru

Изучен видовой состав почвенных водорослей и цианобактерий территории крупного промышленного города Магнитогорска (Челябинская обл.). Флора микроскопических эдафотрофов характеризовалась низким видовым разнообразием с явным преобладанием цианобактерий. Обнаружено 15 видов цианобактерий, 11 видов зеленых, 5 диатомовых, по одному виду желто-зеленых и эустигматовых водорослей. Выявлены группы наиболее часто встречающихся видов, доминант и субдоминант. Самую высокую встречаемость в почвах города имела диатомея *Hantzschia amphioxys*. При невысоком видовом разнообразии цианобактериально-водорослевые ценозы отличались значительным обилием видов. Комплекс доминирующих видов включал представителей всех отделов, за исключением желто-зеленых водорослей. Выделены ведущие таксономические ранги эдафотрофов Магнитогорска: отдел *Cyanobacteria*, класс *Cyanophyceae*, порядки *Nostocales*, *Oscillatoriales* и *Chlamydomonadales*, семейства *Nostocaceae* и *Phormidiaceae*, род *Nostoc*. Качественные и количественные характеристики цианобактериально-водорослевых ценозов различных биотопов города зависели от характера антропогенного использования и степени нарушенности почвенно-растительного покрова.

Ключевые слова: цианобактериально-водорослевые ценозы, почвенные водоросли, цианобактерии, биотопы.

## CYANOBACTERIAL-ALGAL CENOSES OF SOILS LARGE INDUSTRIAL CITY

Sukhanova N.V.<sup>1</sup>, Fazlutdinova A.I.<sup>1</sup>, Kabirov R.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>M.Akmullah Bashkir State Pedagogical University, Ufa, Russia (450000, Ufa, street Oktyabrskoy Revolutsii, 3a), e-mail: n\_suhanova@mail.ru

Species composition of soil algae and cyanobacteria in the large industrial city of Magnitogorsk (Chelyabinsk region) studied. Flora of microscopic edafotrofs was characterized by low species diversity with a clear predominance of cyanobacteria. 15 species of cyanobacteria, 11 species of green algae, 5 diatoms, one species of yellow-green and eustigmatophyta algae was found. There were identified groups of the most common species, dominant and subdominant species. The highest incidence in the soils of the city had diatom algae *Hantzschia amphioxys*. Although species diversity was low, cyanobacterial-algal cenoses had significant species abundance. The complex dominant species included representatives of all phylums, with the exception of yellow-green algae. Selected leading taxonomic categories of edafotrofs of Magnitogorsk: division *Cyanobacteria*, class *Cyanophyceae*, orders *Nostocales*, *Oscillatoriales* and *Chlamydomonadales*, family *Nostocaceae* and *Phormidiaceae*, genus *Nostoc*. Qualitative and quantitative characteristics cyanobacterial-algal cenoses of different biotopes of the city depended on the nature of anthropogenic use and degree of disturbance of soil.

Key words: cyanobacterial-algal cenoses, soil algae, cyanobacteria, biotopes.

Город Магнитогорск – один из крупнейших центров черной металлургии в мире, второй по величине город в Челябинской области, постоянно включается в приоритетный список городов Российской Федерации с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха по бенз(а)пирену, диоксиду азота, сероуглероду, фенолу. Под влиянием промышленного загрязнения территорий происходит ослабление развития высших растений, при этом возрастает роль почвенных водорослей и цианобактерий как составной части автотрофного блока экосистем [3]. Они оказывают влияние на физико-химические свойства почвы, синтезируя и выделяя в окружающую среду разнообразные вещества, улучшая водный режим и аэрацию почвы. Несмотря на значимость почвенных водорослей и цианобактерий в функционировании

нии антропогенных экосистем, вопрос о разнообразии цианобактериально-водорослевых ценозов (ЦВЦ) в промышленных городах остается недостаточно изученным.

**Цель** данной работы – выявление и анализ видового состава почвенных водорослей и цианобактерий г. Магнитогорска.

### Материал и методы исследования

Материалом для работы послужили 11 смешанных почвенных проб, отобранных классическими альгологическими методами [2] на придорожных газонах, в городском парке, вблизи промышленного предприятия. При выявлении видового состава водорослей и цианобактерий применяли разные варианты культурального метода: 1) метод «стекло обростания», 2) посев почвы на агаризованную среду Болда. Для оценки обилия видов использовали модифицированную пятнадцатибальную шкалу [4]. Для каждого вида рассчитывали постоянство (встречаемость) по формуле:  $C (\%) = n/N \times 100$ , где  $n$  – число проб, в которых вид обнаружен,  $N$  – общее число проб. Таксоны, содержащие число видов выше среднего, были выделены в ранг ведущих.

### Результаты исследования и их обсуждение

На территории Магнитогорска обнаружено 33 вида и внутривидовых таксона эдафотрофных микроскопических фототрофа, из них почти половина (15 видов) – цианобактерии (46% от общего числа), 11 видов зеленых водорослей (33%), 5 представителей диатомовых водорослей (15%), по одному виду желто-зеленых и эустигматовых (3% и 3%) (рис. 1).

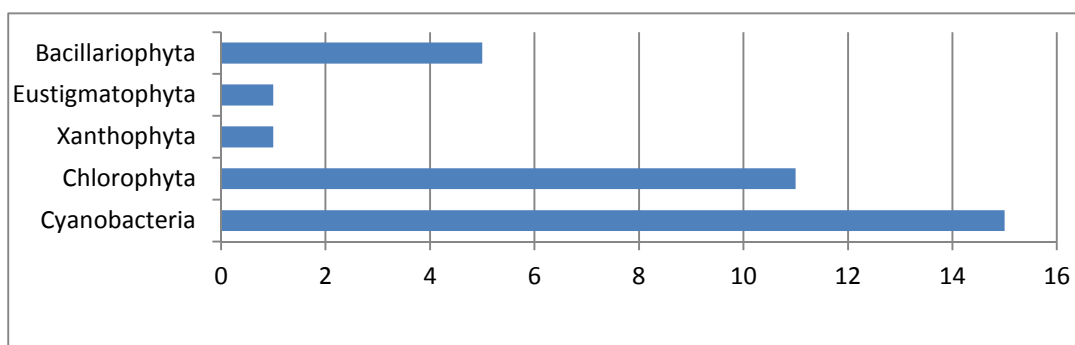


Рис. 1. Соотношение видов по отделам в почве г. Магнитогорска. Примечание: цифрами указано число видов и внутривидовых таксонов.

Число видов в пробах варьировало от 2 до 15 (в среднем 8), средняя сумма баллов обилия всех видов на «стеклах обростания» в среднем составляла 50 баллов (от 8 до 131).

Все разнообразие *Cyanobacteria* укладывается в три семейства класса *Cyanophyceae*: *Cyanobacteriaceae* (1 вид), *Nostocaceae* (4 вида и 1 форма), *Phormidiaceae* (5 видов) и одному приложению к классу *Leptolyngbyoideae* (4 вида). Среди зеленых водорослей выявлены виды двух классов *Chlorophyceae* (2 вида *Chlamydomonadaceae*, 2 – *Chlorococcaceae*, 1 – *Scotielloccystoidaceae*, 2 – *Bracteococcaceae*) и *Trebouxiophyceae* (1 – *Chlorellaceae*, 1 – *Prasiolaceae*, 2 – *Trebouxiaceae*). Отдел *Bacillariophyta* включал представителей семейств

*Bacillariaceae* (1 вид) и *Diadesmidaceae* (4 вида). Из желто-зеленых встречен один вид – *Botrydiopsis eriensis* Snow (сем. *Botrydiopsidaceae*) с незначительным обилием, из эустигматовых – *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) Hibberd (сем. *Eustigmataceae*). Ведущими по числу видов и внутривидовых таксонов являлись следующие таксономические единицы: отдел *Cyanobacteria*, класс *Cyanophyceae*, порядки *Nostocales*, *Oscillatoriales* и *Chlamydomonadales*, семейства *Nostocaceae* и *Phormidiaceae*, род *Nostoc* (табл. 1).

Таблица 1

Ведущие по числу видов и внутривидовых таксонов таксономические ранги

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род
<i>Cyanobacteria</i> (15)	<i>Cyanophyceae</i> (15)	<i>Nostocales</i> (5)	<i>Nostocaceae</i> (5)	<i>Nostoc</i> (5)
<i>Chlorophyta</i> (11)	<i>Chlorophyceae</i> (7)	<i>Oscillatoriales</i> (5)	<i>Phormidiaceae</i> (5)	<i>Luticola</i> (4)
<i>Bacillariophyta</i> (5)	<i>Pennatophyceae</i> (5)	<i>Chlamydomonadales</i> (5)	<i>Diadesmidaceae</i> (4)	<i>Leptolyngbya</i> (4)
	<i>Trebouxiophyceae</i> (4)	<i>Naviculales</i> (4)	<i>Leptolyngbyoideae</i> (4)	<i>Phormidium</i> (3)
		<i>Pseudanabaenales</i> (4)		

Примечание. В скобках указано число видов.

Встречаемость выше 40% в почве города имели виды: безгетероцистные цианобактерии *Phormidium autumnale* (46%), *Leptolyngbya vorochiniana* (73%), коккоидные зеленые водоросли *Mychonastes homosphaera* (46%), *Bracteacoccus minor* (64%), *Lobosphaera incisa* (46%), диатомовая *Hantzschia amphioxys* (91%). Комплекс доминирующих видов богат и включал представителей всех отделов, за исключением желто-зеленых водорослей. К доминантам относились: *Nostoc linckia*, *N. muscorum*, *Microcoleus* sp., *Phormidium breve*, *Ph. autumnale*, *Leptolyngbya foveolarum*, *L. gracillima*, *Mychonastes homosphaera*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorella vulgaris*, *Eustigmatos magnus*, *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *L. cohnii*, *L. nivalis*. К субдоминантам: *Nostoc punctiforme*, *Phormidium dimorphum*, *Leptolyngbya hollerbachiana*, *Tetracystis aggregata*. Виды, входящие в состав доминант, являются широко распространенными и способными вегетировать в экстремальных местообитаниях.

ЦВЦ изученных биотопов сильно различались между собой по видовому составу, качественным и количественным характеристикам (табл. 2).

Таблица 2

Список видов почвенных водорослей и цианобактерий г. Магнитогорска

Таксоны	Газоны	Парк	МЦЗ
<b>Cyanobacteria</b>			
<i>Cyanothece aeruginosa</i> (Nägeli) Komárek		+	
<i>Nostoc linckia</i> (Roth) Bornet ex Bornet & Flahault	Д	Д	
<i>Nostoc muscorum</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault		+	
<i>Nostoc punctiforme</i> (Kützing) Hariot	+	С	
<i>Nostoc punctiforme f. populorum</i> (Geitler) Hollerbach		+	+
<i>Nostoc caeruleum</i> Lyngbye ex Bornet & Flahault			+
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vaucher) Gomont ex Gomont			+
<i>Microcoleus</i> sp.		Д	
<i>Phormidium breve</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	+	+	Д
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont		С	Д
<i>Phormidium dimorphum</i> Lemmermann			С
<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis et Komárek		+	Д
<i>Leptolyngbya hollerbachiana</i> (Elenkin) Anagnostidis et Komárek			С
<i>Leptolyngbya gracillima</i> (Zopf ex Hansgirg) Anagnostidis & Komárek	+	Д	
<i>Leptolyngbya vorochiniana</i> Anagnostidis & Komárek		+	+
<b>Chlorophyta</b>			
<i>Chlamydomonas terrestris</i> J.B.Petersen			+
<i>Chlamydomonas perpusilla</i> Gerloff		+	
<i>Chlorococcum</i> sp.		+	
<i>Tetracystis aggregata</i> R.M.Brown & Bold			С
<i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) T.Kalina & M.Puncochárová		Д	+
<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrová	+	Д	
<i>Dictyococcus varians</i> Gerneck		+	
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck		Д	
<i>Stichococcus minor</i> Nägeli	+		
<i>Lobosphaera incisa</i> (Reisigl) Karsten, Friedl, Schumann, Hoyer & Lembcke	+	+	
<i>Myrmecia biatorellae</i> J.B.Petersen	+		
<b>Xanthophyta</b>			

<i>Botrydiopsis eriensis</i> Snow		+	
<b>Eustigmatophyta</b>			
<i>Eustigmatos magnus</i> (B. Petersen) Hibberd			Д
<b>Bacillariophyta</b>			
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow		Д	Д
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G.Mann in Round et al.		Д	Д
<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) D.G.Mann in Round, Crawford & D.G.Mann	+	Д	+
<i>Luticola ventricosa</i> (Kützing) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann	Д		
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann	+		

Примечание: Д – доминанты, С – субдоминанты, + - вид обнаружен, МЦЗ – Магнитогорский цементный завод (здесь и в рисунках).

Флористическое разнообразие эдафотрофов изученных городских газонов было довольно низким, всего здесь обнаружено 17 видов водорослей и цианобактерий (рис. 2) из 4 отделов, 5 классов, 11 порядков, 11 семейств, 14 родов. В отличие от других местообитаний, на газонах, преобладали зеленые водоросли (рис. 2), представленные коккоидными формами классов *Chlorophyceae* и *Trebouxiophyceae*. Число видов в пробах варьировало от 2 до 10 (в среднем 6), сумма баллов обилия всех видов на «стеклах обрастания» в среднем составляла 24 балла (от 8 до 38) (рис. 3). Данные показатели значительно изменялись в зависимости от расстояния до дорожного полотна: на расстоянии 5 м от дороги среднее число видов на пробу составляло 9, на расстоянии 1 м – 3 вида (при среднем значении суммы баллов обилия на «стеклах обрастания» 37 и 11 баллов, соответственно). На расстоянии 1 м от дороги ЦВЦ были представлены единичными экземплярами зеленых, желто-зеленых и диатомовых водорослей, а также цианобактериями. С приближением к дорожному полотну из ЦВЦ выпадали виды *Phormidiaceae*, *Diadesmidaceae*, *Scotielloccystoidaceae*, почти все требуксиевые, но появлялись представители родов *Nostoc* и *Botrydiopsis*. Общими для данных ЦВЦ были виды *Leptolyngbya vorochiniana*, *Bracteacoccus minor*, *Lobosphaera incisa*, *Hantzschia amphioxys*. Увеличение качественных и количественных характеристик при удалении от дорожного полотна наблюдалось в городах Уфа [4], Мелеуз [5], Ижевск [7].

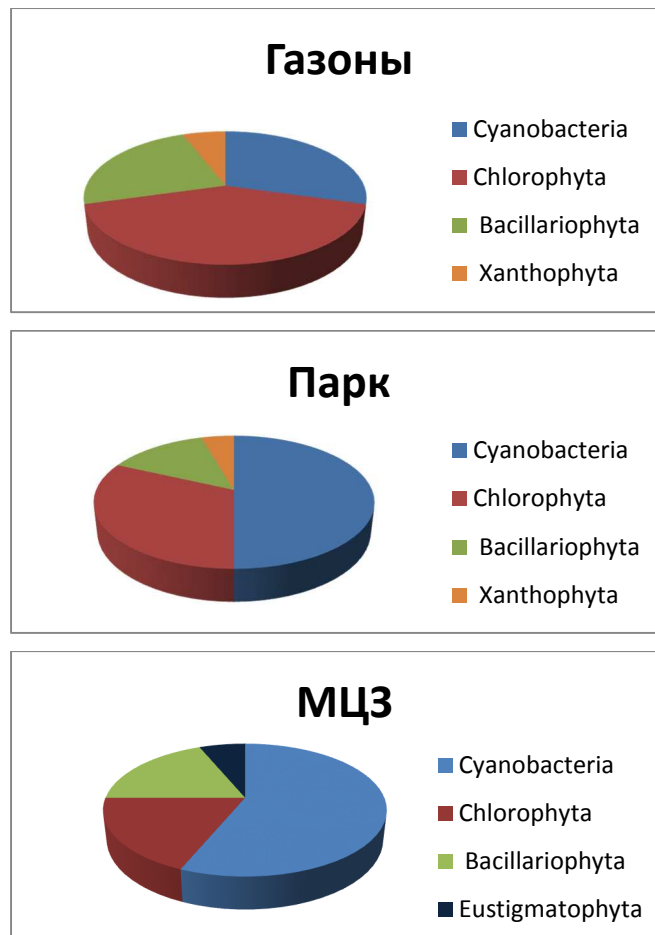


Рис. 2. Распределение видов по отделам.

Самым высоким видовым разнообразием на территории Магнитогорска характеризовались ЦВЦ городского Парка Ветеранов, расположенного в правобережной части города, здесь обнаружено 22 вида водорослей и цианобактерий, представленных 4 отделами, 5 классами, 12 порядками, 14 семействами, 15 родами. Значительную роль в сложении ЦВЦ принимали цианобактерии (11 видов) и зеленые водоросли (7 видов) (рис. 2). Преобладание цианобактерий в местообитаниях с высокой степенью рекреационной нагрузкой наблюдалось и в г. Красноярске [9]. Число видов в пробах варьировало от 7 до 12 (в среднем 10). Для данного типа местообитания характерно значительное развитие видов на «стеклах обрастания», так сумма баллов обилия всех видов в среднем составляла 86 баллов (от 46 до 113) (рис. 3). На территории парка ЦВЦ изучались на участках широколиственного леса, подверженного сильной рекреационной нагрузке, с преобладанием *Populus nigra* L., *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L. с общим проективным покрытием (ОПП) травянистого яруса 40% и злаково-разнотравного луга с ОПП более 100%. В почве лесного участка обнаружено 17 видов, причем количество видов возрастало на тропинке, проходящей через данный участок. Увеличение происходило за счет внедрения видов цианобактерий и диатомовых водорослей. Усиление роли диатомовых водорослей на тропинках парков города Уфы было выявлено нами ранее [7]. Кроме видового разнообразия, на тропинке возрастало суммарное обилие ви-

дов на «стеклах обрастания». В пробах почвы злаково-разнотравного луга выявлено 12 видов цианобактерий и водорослей с суммарным обилием 100 баллов.

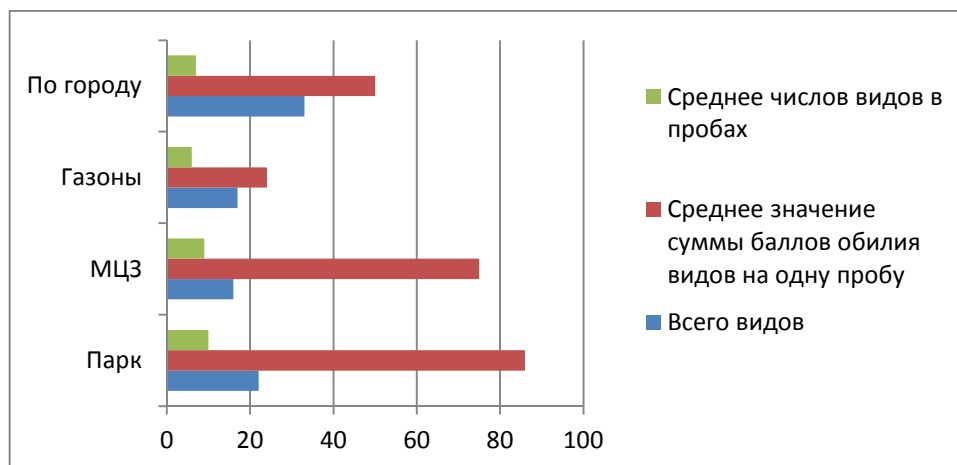


Рис. 3. Изменение видовой насыщенности и обилия видов в пробах различных биотопов.

Почвенные пробы, взятые в районе действия Магнитогорского цементного завода, характеризовались невысоким видовым разнообразием (16 видов и внутривидовых таксонов), представлены 4 отделами, 4 классами, 8 порядками, 9 семействами, 10 родами. Больше половины видов принадлежало цианобактериям (9 видов), по 3 вида зеленых и диатомовых водорослей, 1 представитель эустигматовых (рис. 2). Среднее количество видов на пробу составляло 9, при среднем значении суммы баллов обилия 75 (рис. 3). При невысоком видовом разнообразии данные ЦВЦ характеризовались значительным суммарным обилием видов и обширным комплексом доминирующих видов (табл. 2). В почвах загрязненных цементной пылью на территории промышленного предприятия ОАО «Сода», расположенного в г. Стерлитамак (степная зона Предуралья) на всех исследованных площадках также доминировали цианобактерии [1].

### Заключение

Флора почвенных микроскопических фототрофов характеризовалась низким видовым разнообразием с явным преобладанием цианобактерий, что вполне закономерно для зональных почв степи [6]. При невысоком видовом разнообразии цианобактериально-водорослевые ценозы отличались значительным обилием видов, что отражается во внушительном списке доминант и субдоминант и суммарном обилии видов на «стеклах обрастания». ЦВЦ различных биотопов Магнитогорска отличались между собой по качественным и количественным характеристикам. Усложнение таксономической структуры ЦВЦ происходило в ряду МЦЗ→Газоны→Парк. Усложнение комплекса доминирующих видов в ряду Газоны→МЦЗ→Парк. Роль цианобактерий возрастала в ряду Газоны→Парк→МЦЗ.

## Список литературы

1. Богданова А.В., Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Суханова Н.В. Флора почвенных водорослей и цианобактерий техногенно засоленных территорий Башкирского Предуралья// Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Том 12 (33). - №1(4). – С. 989-992.
2. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
3. Кабиров Р.Р. Роль почвенных водорослей в поддержании устойчивости наземных экосистем// Альгология. – 1991. Т. 1. - № 1. – С. 60-68.
4. Кабиров Р.Р., Суханова Н.В. Почвенные водоросли городских газонов // Бот. журн. – 1997. – Т. 82. - №3. – С. 46-57.
5. Кузнецова Е.В. Альгофлора урбанизированных территорий города Мелеуз и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Уфа: МГУТУ, 2006. – 17 с.
6. Кузяхметов, Г. Г. Водоросли зональных почв степи и лесостепи / Под ред. Б. М. Миркина. – Уфа: РИО БашГУ, 2006. – 286 с.
7. Слободина Н. П. Эколого-ценотические характеристики синузий эдафотрофных водорослей обочин автомобильных дорог г. Ижевска // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. (Ижевск, 15-18 февраля 2005 г.). – Ижевск, 2005. – Т. 2. – С. 252-254.
8. Суханова Н.В., Фазлутдинова А.И., Хайбуллина Л.С. Диатомовые водоросли почв городских парков// Почвоведение. – 2000. -№7. – С. 840-846.
9. Чижевская М.В., Трухницкая С.М. Сравнительная характеристика сообществ почвенных водорослей городских рекреаций (на примере г. Красноярск) // Красноярск: Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. ак. М.Ф. Решетнева, – 2006. - №3. – С.171-173.

### Рецензенты:

Дубовик И.Е., д.б.н., профессор кафедры ботаники ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, г. Уфа;

Саттаров В.Н., д.б.н., профессор кафедры биоэкологии и биологического образования ФГБОУ ВПО Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, г.Уфа.