

# Экологическая оценка почвенного покрова вдоль автомагистралей (на примере города Новосибирск)

**А.Г. Благодатнова**, доцент, канд. биол. наук

Новосибирский государственный педагогический университет

e-mail: ablagodatnova@yandex.ru

**Ключевые слова:**  
автомагистрали,  
экологический мониторинг,  
биоиндикация,  
городские почвы,  
водоросли,  
цианобактерии,  
таксономическая структура,  
фитоценотическая структура.

*Представленные в статье исследования проведены на территории г. Новосибирска впервые. Методы альгоиндикации ранее не применялись при оценке состояния окружающей среды вдоль крупных автомагистралей. Апробация этих методов может внести определенный вклад в теорию биоиндикации и биотестирования (с учетом полученных данных об экологической индивидуальности отдельных видов растений и почвенных фотоавтотрофов). Использование биологических методов позволило оценить последствия хронического загрязнения окружающей среды выбросами автотранспорта на живые системы, чего нельзя достичь с помощью традиционно используемых физико-химических методов, позволяющих определить только концентрацию определенных поллютантов в данный момент в конкретной пробе. Всего в исследованных почвах Новосибирска обнаружено 63 вида почвенных водорослей и цианобактерий, относящихся к 42 родам, 38 семействам, 19 порядкам, 7 классам, 4 отделам. Изменения таксономической и фитоценотической организации альго-цианобактериальных группировок могут служить показателями состояния окружающей среды, в частности диагностировать степень нагрузки. В статье показана возможность применения биологических методов для оценки экологического состояния техносферных территорий.*

## 1. Введение

Значимость биологического разнообразия для биогеоценоза и биосферы в целом трудно переоценить. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро на международной конференции по окружающей среде и развитию была принята Конвенция по биоразнообразию и устойчивому развитию. Её подписали 180 стран, в том числе и Россия.

В связи с различного рода интенсивным антропогенным воздействием на естественные экосистемы их состояние катастрофически ухудшается [1]. Известно, что исчезновение видов или перевод их в статус редких и исчезающих видов, наряду с другими причинами, на 67% происходит в связи с нарушением экосистем, т.е. их естественной среды обитания. Разрушительное воздействие человека на биогеоценозы приводит не только к экологическим проблемам, но и к усилению социальной напряжен-

ности [2]. Не случайно проблеме восстановления нарушенных экосистем во всех странах придаётся большое значение.

Особое место занимает изучение экосистем городов. Деятельность человека на территории города приводит к изменению не только абиотической группы факторов (климатических, эдафических, орографических), но и биотической группы. Оценка качества среды производится по ряду природных параметров, причем лидирующие позиции в современном экологическом мониторинге принадлежат биологическим тест-объектам и биоиндикаторам. Этот факт обусловлен достаточно небольшими финансовыми затратами и неоспоримой надежностью полученных результатов — ответ живой системы на воздействие различного рода факторов. В условиях постоянного загрязнения выбросами автотранспорта и реагентами зимнего ухода за дорожным

покрытием почвенно-растительный покров обочин автомобильных дорог часто находится под воздействием ряда стрессоров. Происходит изменение видового разнообразия, наблюдаются значительные перестройки в составе растительных группировок, некоторые виды исчезают, могут появляться и новые [3–6]. Цель исследования — оценка почв вдоль крупных автомагистралей города с помощью качественного состава почвенных фототрофов на примере г. Новосибирск.

## 2. Методы и материалы исследования

Исследования проведены в г. Новосибирске в течение полевого сезона 2013/2014 г. Вдоль автомагистрали проспект К. Маркса был заложен профиль общей протяженностью около 1,4 км. На проспекте К. Маркса шесть полос для движения легкового и общественного транспорта, проезд грузовиков запрещен.

Из высших сосудистых растений вдоль автомагистрали представлена только *Betula pubescens* L. (береза пушистая). Деревья расположены единично через 2–3 м. Пробоотбор производился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01 [7]. Кроме того, был заложен профиль (контрольный) на улице Новогодняя. Это узкая улица (двухполосное движение немногочисленного легкового транспорта), отсутствует общественный и грузовой транспорт.

Материалом для исследования почвенных водорослей и цианобактерий послужили образцы, отобранные по общепринятой в почвенной альгологии<sup>1</sup> методике [8] с учетом требований ГОСТ 17.4.3.01. При установлении видового состава водорослей и цианобактерий использовали культуральные методы: почвенные культуры со стеклами обрастания и агаровые культуры. Жизненные формы определяли по системе Э.А. Штиной [9], морфотипы — по Ж.Ф. Пивоваровой [1]. «Работа» видов оценивалась через показатели эколого-ценотического значения (ЭЦЗ), рассчитанные на основе встречаемости и обилия,

которые являются максимальными в доминантной и субдоминантной группе видов [10]. Степень развития водорослей и цианей оценивали по 3-балльной шкале Р.Р. Кабирова [10]. Систематическое положение объектов приводили в соответствии с Database [11]; для видов, отсутствующих в данной сводке, — по данным CyanoDB [12].

## 3. Результаты и обсуждения

Всего в исследованных почвах обнаружено 63 вида почвенных водорослей и цианобактерий, относящихся к 42 родам, 38 семействам, 19 порядкам 7 классам, 4 отделам (табл. 1).

Наибольшее число таксонов различного ранга наблюдалось в отделе *Cyanobacteria*, что отмечено рядом авторов как особенность почв городской экосистемы [13–16]. Кроме того, доказано наличие у *Cyanobacteria* сигнальных систем (QS-систем), в которых синтез химических факторов приводит к изменению физиологического статуса популяции, что позволяет цианобактериям в более короткие сроки адаптироваться к изменяющимся условиям среды [17].

Доля *Xanthophyta* в спектре составляла 11,5%. Небольшое доленое участие видов данного отдела характерно для почв городов, на что указывает Л.С. Хайбуллина с соавторами [16].

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 представлен 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

Таблица 1

Таксономическая структура почвенных водорослей и цианобактерий исследованных улиц г. Новосибирска

Отдел	Количество таксонов				
	классов	порядков	семейств	родов	видов
<i>Chlorophyta</i> (зеленые водоросли)	3	6	11	15	22
<i>Bacillariophyta</i> (диатомовые водоросли)	1	1	3	3	6
<i>Cyanobacteria</i> (цианобактерии)	3	5	10	17	33
<i>Xanthophyta</i> (желтозеленые водоросли)	3	4	4	6	8
<b>Всего</b>	10	16	28	41	69

<sup>1</sup> Альгология (от лат. alga — морская трава, водоросль и греч. λογος — учение) — раздел биологии, изучающий водоросли.

*Heterococcus*) и *Tribonematales* (виды рода *Xanthone-ma*). Как известно, желтозеленые водоросли чувствительны к изменению условий существования. Согласно литературным данным, в альгофлоре обочин автомобильных дорог могут доминировать как зеленые водоросли, так и цианобактерии; доля и встречаемость желтозеленых водорослей часто невелики [1–21].

Семейственный спектр альгофлоры городских почв представлен 12 семействами, из которых в спектре доминирует *Phormidiaceae*. Это семейство образовано как типичными для городских почв видами (*Phormidium fragile* Gom.), так и убиквистами. Семейства в головном спектре представлены в том числе распространенными *Chlamydomonadaceae*, *Chlorellaceae*, *Naviculaceae* и *Phormidiaceae*. Виды семейства *Chlamydomonadaceae* способны быстро переходить в палмеллоидное состояние, что позволяет им существовать в достаточно агрессивных условиях городских почв. Долевое участие представителей *Chlorellaceae* высоко, что объясняется широкой экологической валентностью большинства представителей этого семейства [3–5, 22]. Большая доля ведущих семейств приходится на отдел синезеленых водорослей, что диагностирует подщелачивание среды. Водорослевая и цианобактериальная флора исследованных городских почв характеризуется значительным долевым участием одновидовых семейств (около 1/3 спектра). Возможно, этот факт указывает на протекание процессов сингенеза. В ходе формирования флоры, когда занимают свободные экологические ниши, обостряются конкурентные взаимоотношения, водоросли активно преодолевают экотопические барьеры [1].

Изменения таксономической организации альгоцианобактериофлоры могут служить показателями состояния окружающей среды, в частности диагностируют степень нагрузки. В почвах вдоль проспекта К. Маркса доминирующим отделом был *Cyanobacte-*

*ria*, но на улице Новогодняя ведущим отделом стал *Chlorophyta* с разницей в несколько процентов по сравнению с отделом *Cyanobacteria* (табл. 2).

Виды отделов *Chlorophyta* и *Cyanobacteria* в почвах улицы Новогодняя (минимальная нагрузка) находились в равных долях. Тем не менее, долевое участие зеленых водорослей на несколько процентов больше, что объясняется заболоченностью территории [4, 13]. На каждой из улиц число видов отделов *Xanthophyta* и *Bacillariophyta* незначительно. Уменьшение долевого участия видов *Xanthophyta* прямо пропорционально повышению антропогенного прессинга [23–24].

В почвах вдоль проспекта К. Маркса зарегистрировано 34 вида водорослей и цианобактерий, принадлежащих к 4 отделам, 8 классам, 11 порядкам, 16 семействам и 21 роду. Наибольшее долевое участие в спектре имели представители отдела *Cyanobacteria* — 59% общего числа видов. Вторую позицию занимал отдел *Chlorophyta*, составляя 17% общего числа видов. В головном спектре семейств доминировал *Phormidiaceae* (32,4%), что свидетельствует о повышении влажности и кислотности среды (подщелачивание). Семейство *Pleurochloridaceae* диагностирует голарктический элемент флоры.

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

Анализ встречаемости почвенных водорослей и цианобактерий в баллах позволил выделить две группы водорослей, приуроченные к почвам ис-

Таблица 2

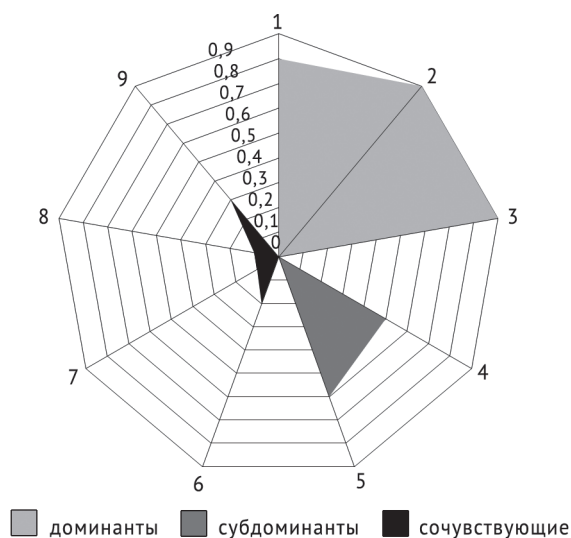
Таксономическая структура альгоцианобактериальной флоры исследованных улиц г. Новосибирска

Отдел	Улица	
	Проспект К. Маркса	Новогодняя
<i>Chlorophyta</i>	6 (17,6)	18 (40,9)
<i>Bacillariophyta</i>	3 (8,8)	5 (11,3)
<i>Cyanobacteria</i>	20 (59,1)	17 (38,6)
<i>Xanthophyta</i>	5 (14,7)	4 (9,1)
<b>Всего</b>	<b>34</b>	<b>44</b>

Примечание. Без скобок — число видов, в скобках — % от общего числа видов.

следованных улиц. Первая группа (с невысокими баллами обилия), состоящая из зеленых водорослей (*Chlamydomonas conferta* Korsh., *Chlorhormidium dissectum* (F.Gay) Farooqui, *Ulothrix variabilis*) и цианобактерий (*Phormidium ambiguum* Gom., *Borzia trilocularis* Cohn ex Gom.), приурочена к наиболее загруженному движением транспорта проспекту К. Маркса. Представители этой группы не выявлены в почве улицы Новогодняя. Виды водорослей (*Hantzschia amphioxys* var. *amphioxys* f. *capitata* M., *Coccomyxa confluens* (Kütz.) Fott) и цианобактерия (*Schizothrix arenaria* Gom.) образовали вторую группу, присущую почвам наименее загруженной транспортом улицы Новогодняя. По мере уменьшения транспортной нагрузки (проспект К. Маркса → Новогодняя) в почвах придорожных газонов наблюдалось снижение доли зеленых водорослей и цианобактерий при некотором возрастании доли диатомовых и желтозеленых водорослей.

В общей фитоценотической организации группировок водорослей и цианобактерий почв Новосибирска выявлена олигодоминантная группировка, представленная видами *Chlamydomonas elliptica* Korsh., *Phormidium breve* Kütz. ex Gom.) Anagn., *Oscillatoria tenuis* C. Agardh ex Gom., *Phormidium ambiguum*, *Nostoc linckia* Born. ЭЦЗ доминантных видов находится в интервале 0,8–0,9, а субдоминантов — в диапазоне 0,5–0,6 (при максимально возможном 1) (рис. 1).



**Рис. 1.** Эколого-ценотическое значение некоторых видов почвенных водорослей и цианобактерий исследованных улиц г. Новосибирска  
1 – *Chlamydomonas elliptica*; 2 – *Nostoc linckia*; 3 – *Oscillatoria tenuis*; 4 – *Phormidium breve*; 5 – *Ph. ambiguum*; 6 – *Jaaginema pseudogeminatum*; 7 – *Leptolyngbya fragilis*; 8 – *Chl. globosa*; 9 – *Chl. vulgaris*

На доминантных и субдоминантных видах лежит основная функциональная нагрузка. Сопутствующие виды более лабильны, их ЭЦЗ намного меньше. Эти виды специфичны для урбанизированной территории. Например, *Jaaginema pseudogeminatum* (G.Schmid) Anagnostidis & Komárek характерна для почв с щелочной реакцией среды, его ЭЦЗ составляет 0,2. Вид *Leptolyngbya fragilis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek диагностирует засоленность почв, ЭЦЗ составляет 0,1.

Виды в различных почвенно-экологических условиях проявляют свое ЭЦЗ по-разному. Например, *Chlamydomonas elliptica* имеет наибольшее ЭЦЗ в почвах улицы, наименее загруженной транспортом. Такой вид, как *Phormidium ambiguum*, наиболее активно «работает» в условиях почти полного отсутствия автотранспортной нагрузки (ЭЦЗ=1 в почвах улицы Новогодняя). Другая цианобактерия *Phormidium breve* имеет более константные показатели ЭЦЗ (порядка 0,85).

Характер цианобактериально-водорослевых группировок в почве улиц г. Новосибирска меняется с увеличением степени автотранспортной нагрузки на улицы от олигодоминантного к полидоминантному (табл. 3). Полидоминантный характер указывает на высокую степень антропогенной нагрузки, а олигодоминантный — на более стабильные условия.

Яркую картину фитоценотической организации дает соотношение жизненных форм и морфотипов как основных характеристик биологического спектра альго-цианобактериальных группировок. Соотношение жизненных форм отражает специфику каждой исследованной улицы. В общем виде формула жизненных форм имеет вид  $P_{16}C_9Ch_8X_8CF_7H_7B_6hydr_5amph_2M_1$ . На виды Р-формы, не образующие значительной слизи, приходится около 23% спектра.

Данная форма превалирует во всех спектрах исследованных улиц города Новосибирска. При этом

Таблица 3

**Доминантные и субдоминантные группировки почвенных водорослей и цианобактерий исследованных улиц г. Новосибирска**

Вид	Улица	
	Проспект К. Маркса	Новогодняя
<i>Chlamydomonas elliptica</i>	++	++
<i>Phormidium ambiguum</i>	++	++
<i>Phormidium breve</i>	++	++
<i>Oscillatoria tenuis</i>	+	+
<i>Nostoc linckia</i>	++	+

++ – доминант, + – субдоминант.

происходит резкое снижение долевого участия видов этой формы при уменьшении интенсивности транспортного потока. Значительное доленое участие видов этой формы наблюдается в почвах вдоль проспекта К. Маркса (средняя антропогенная нагрузка) (39,2%), а при меньшем прессинге (улица Новогодняя) — лишь 17,7%. Распределение остальных жизненных форм специфично для каждой исследованной территории (табл. 4).

С увеличением автотранспортного потока (от улицы Новогодняя к Проспекту К. Маркса) происходит упрощение спектров жизненных форм, что связано с увеличением степени антропогенной нагрузки. Спектры полночленны на улицах со средней и низкой интенсивностью движения (проспект К. Маркса и Новогодняя). В почвах вдоль улицы Новогодняя отсутствует М-форма, представленная цианобактериями в виде более или менее слизистых нитей, образующих на поверхности почвы заметные корочки или дерновинки. Для этой улицы характерна высокая влажность почвы (84,5%). (М-форма, как правило, встречается в степях.)

Долевое участие Ch-формы уменьшается с увеличением антропогенного влияния (от улицы Новогодняя к проспекту К. Маркса). Данная форма образована видами убиквистами (*Chlorella vulgaris* Beeyerinck). С уменьшением вектора нагрузки происходит снижение долевого участия CF-формы (с 28,5% до 11,1%), которые обладают способностью усваивать молекулярный азот воздуха и переводить его в доступные для растений формы (*Nostoc linckia*). Следует отметить, что для цианобактерий доказана гетеротрофная ассимиляция азота — усвоение

азота их органических соединений — как факультативная форма азотного питания. Даже облигатно автотрофные по отношению к углероду организмы могут использовать органические вещества как источник азота и фосфора. Многие цианобактерии могут получать азот в органической форме, вырабатывая соответствующие ферменты. Источниками азота могут быть мочевины, амиды, аминокислоты, белки и др. [17].

В почвах улицы Новогодняя (минимальный поток автотранспорта) наблюдается увеличение долевого участия С-формы в 5 раз, это теневыносливые водоросли, требовательные к условиям увлажнения (*Chlamydomonas globosa* Snow), виды чувствительны к уплотнению почвы. Таким образом, почвенные водоросли, благодаря своим физиологическим и морфологическим особенностям, способны существовать даже при крайне неблагоприятных условиях окружающей среды. Эта способность объясняет их широкое распространение и существенное влияние на почву благодаря своей активной деятельности [25].

При характеристике альгосинузии важно определить тип морфологического строения водорослей и цианобактерий. Для почвенных водорослей и цианопрокариот типичны следующие морфологические типы: монадный, пальмеллоидный, коккоидный, нитчатый, разноритчатый, пластинчатый и сифональный. Наиболее распространены в почвах Новосибирска нитчатые и коккоидные структуры (табл. 5).

Именно эти морфоструктуры играют главную роль в сложении спектров. Например, в почвах улицы Новогодняя сумма долевого участия нитчатых и коккоидных структур составляет около 80%. Данные структуры вносят основной вклад в функционирование экосистемы. От проспекта К. Маркса к улице

Таблица 4

Распределение жизненных форм почвенных водорослей и цианобактерий исследованных улиц г. Новосибирска

Жизненная форма	Улицы	
	Проспект К. Маркса	Новогодняя
P	13 (35,1)	8 (17,7)
CF	3 (8,1)	5 (11,1)
hydr.	1 (2,7)	4 (8,8)
Ch	4 (10,8)	6 (13,3)
C	4 (10,8)	7 (15,5)
X	3 (8,1)	5 (11,1)
B	4 (10,8)	3 (6,6)
M	1 (2,7)	—
H	3 (8,1)	6 (13,3)
amph.	1 (2,7)	1 (2,2)

Примечание. Без скобок — число видов, в скобках — % от общего числа видов.

Таблица 5

Распределение морфоструктур почвенных водорослей и цианобактерий исследованных улиц г. Новосибирска

Морфоструктура	Улицы	
	Проспект К. Маркса	Новогодняя
Нитчатая	20 (54,1)	21 (46,6)
Коккоидная	11 (29,7)	15 (33,3)
Колониальная нитчатая	1 (2,7)	3 (6,6)
Монадная	2 (5,4)	2 (4,4)
Колониально-коккоидная	2 (5,4)	4 (8,8)
Нитчатая жгутообразная	1 (2,7)	—

Примечание. Без скобок — число видов, в скобках — % от общего числа видов.

Новогодняя (тренд снижения автотранспортного потока) прослеживается уменьшение долевого участия нитчатых морфоструктур и увеличение коккоидных. Водоросли с нитчатой жгутообразной морфоструктурой присутствуют только в почвах проспекта К. Маркса и улицы Новогодняя, что связано с режимом увлажнения почвы.

Фитоценотический анализ выявил особенности почвенных цианобактериально-водорослевых группировок в зависимости от интенсивности транспортного потока. На уровне фитоценотической организации группировок водорослей и цианобактерий подтверждается усиление антропогенной нагрузки от улицы Новогодняя к проспекту К. Маркса, на что указывает определенное соотношение жизненных форм и морфоструктур [26]. Для почв, наименее подверженных выбросам автотранспорта (улица Новогодняя), характерно увеличение представителей С-формы в составе альго-цианобактериальных сообществ, для группировок почв улицы Новогодняя отмечено отсутствие цианей М-формы.

Всего в исследованных почвах 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 снижение долевого участия *Xanthophyta*. По мере уменьшения транспортной нагрузки в почвах наблюдалось снижение доли зеленых водорослей и цианобактерий при некотором возрастании доли диатомовых и желтозеленых водорослей. Изменения фитоценотической организации цианобактериально-водорослевых группировок могут служить показателями состояния окружающей среды, в частности диагностировать степень антропогенной нагрузки. Происходит явное упрощение фитоценотической структуры (сокращение спектров жизненных форм, морфотипов) и увеличение числа значимых видов (при уменьшении видового разнообразия). По мере уменьшения транспортной нагрузки в почвах наблюдалось увеличение видового разнообразия водорослей и цианобактерий при сокращении числа доминирующих видов.

#### 4. Заключение

В условиях современных городов важнейшим фактором, характеризующим благоприятную для жизнедеятельности техносферу, становится экологическое состояние их территории, которое характеризуется геоэкологическими и биогеохимическими условиями. Оценка качества среды производится по ряду параметров (физических, химических, биохимических, биологических), причем лидирующие позиции в современном экологическом мониторинге принадлежат биологическим тест-объектам и биоиндикаторам. Этот факт обусловлен небольшими финансовыми затратами (по сравнению с дорогостоящими физико-химическими методами) и неоспоримой надежностью полученных результатов — ответом живой системы на изменение ряда экологических параметров окружающей среды. В статье показано применение биоиндикаторов для оценки состояния техносферы.

Анализ полученных результатов показывает перспективность использования предложенной методики для проведения мониторинга окружающей природной среды. Апробированная методика относительно проста в использовании (по сравнению с физико-химическими методиками) и может быть применена для диагностики антропогенных нарушений окружающей природной среды. Отработанная нами методика может быть экстраполирована на другие объекты и территории и иметь более широкое применение. Такие показатели, как изменение видового состава, жизненности, исчезновение отдельных видов микроорганизмов, выступают надежными индикаторными признаками изменения условий природной среды. Все вышеперечисленное позволяет судить о перспективности использования почвенных фотоавтотрофных микроорганизмов для характеристики почв в городах, в частности вдоль крупных автомагистралей, и проведения экологического мониторинга в целом.

#### Обозначения:

X — Xanthococcophyceae-форма;  
C — Cylandrospermum-форма;  
Ch — Chlorococcum-форма;  
H — Heterothrix-форма;  
B — Bacillariophyta-форма;  
P — Phormidium-форма;  
M — Microcoleus-форма;  
CF — азотфиксаторы;  
hydr — гидрофильная форма;  
amph — амфибиальная форма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пивоварова Ж.Ф., Илюшенко А.Е., Благодатнова А.Г. и др. Почвенные водоросли антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2014. 146 с.
2. Плюснин В.М. Экологическая безопасность Сибири // Сиб. экол. журн. 2014. № 6. С. 807–815. DOI: 10.1134/S1995425514060092.
3. Бачура Ю.М., Благодатнова А.Г. Почвенные водоросли и цианобактерии городских газонов (на примере г. Гомеля и г. Новосибирска) // Изв. Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. 2015. № 3 (90). С. 17–23.
4. Бачура Ю.М., Благодатнова А.Г. Фитоценотическая структура группировок почвенных водорослей и цианобактерий городских газонов (на примере г. Новосибирска и г. Гомеля) // Вестн. Новосиб. гос. пед. ун-та. 2015. № 3 (25). С. 82–93.
5. Благодатнова А.Г. Возможность использования почвенных водорослей в оценке состояния болотных экосистем // Актуал. пр-мы гуманит. и естеств. наук. 2014. № 4–1. С. 41–44.
6. Благодатнова А.Г. Использование почвенных водорослей в оценке земель, перспективных для рекультивации // Сиб. вестн. сельскохоз. науки. 2010. № 10. С. 116–118.
7. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб (Текст): Государственный стандарт 17.4.3.01–83 (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/search/> Дата обращения 13.10.2015.
8. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. М.: Наука, 1969. 228с.
9. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
10. Кабиров Р.Р., Суханова Н.В. Почвенные водоросли городских газонов (Уфа, Башкортостан) // Ботан. журн. 1997. Т. 82, № 3. С. 46–57.
11. Database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms / ed. M.D. Guiry. 19962013. (Electronic resource) Mode of access : <http://www.algaebase.org>. Date of access : 13.10.2015.
12. The on-line database of cyanobacterial genera / Jiří Komárek, Tomáš Nauer. –2004–2014. (Electronic resource). Mode of access : <http://www.cyanodb.cz>. Date of access : 15.09.2015.
13. Иванова Н.Ю., Благодатнова А.Г. Фитоценотическая организация почвенных водорослей антропогенно нарушенных территорий в черте г. Новосибирска // Биологическая наука и образование в педагогических вузах. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. 2011. С. 150–154.
14. Кузнецова Е.В. Альгофлора урбанизированных территорий города Мелеуз и его окрестностей. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2006. 17 с.
15. Суханова Н.В. Почвенные водоросли городских экосистем. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 1996. 21 с.
16. Хайбуллина Л.С., Суханова Н.В., Кабиров Р.Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий. Уфа: Гилем, 2011. 216 с.
17. Бачура Ю.М. Цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона) // Наука и инновации. 2015. № 5 (147). (Электронный ресурс). Режим доступа: URL: <http://innosfera.by/node/3519> Дата обращения: 13.10.2015.
18. Благодатнова А.Г., Кулятина А.Н. Структура цианобактериально-водорослевой флоры как показатель освоения первичных субстратов // Вест. Красн. гос. аграр. ун-та. 2014. № 9. С. 97–101.
19. Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г., Багаутдинова З.З. и др. Таксономическая структура цианобактериально-водорослевой флоры как возможный показатель моделей первичного освоения различных субстратов // Вест. Красн. гос. аграр. ун-та. 2014. № 11. С. 111–116.
20. Пивоварова Ж.Ф., Факторович Л.В., Благодатнова А.Г. Особенности таксономической структуры почвенных фотоавтотрофов при освоении первичных субстратов // Растит. мир Азиат. России. 2012. Т. 1. № 1. С. 16–21.
21. Yunqiang Wang, Ming'an Shao, Chencheng Zhang, Xiangwei Han, Tianxu Mao, Xiaoxu Jia. Choosing an optimal land-use pattern for restoring eco-environments in a semiarid region of the Chinese Loess Plateau // Ecological Engineering. 2015. V. 74. P. 213–222. (Electronic resource). Mode of access : URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857414005333> Date of access : 30.09.2015.
22. Stefania Cocco, Giorgia Brecciaroli, Alberto Agnelli, David Weindorf, Giuseppe Corti. Soil genesis and evolution on calanchi (badland-like landform) of central Italy // Geomorphology. 2015. V. 248. P. 33–46. (Electronic resource). Mode of access : URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X15300969> Date of access : 13.10.2015.
23. Новичкова-Иванова Л.Н. Водоросли экосистем степей Евразии // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana) . 2012. №2. (Электронный ресурс). Режим доступа: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vodorosli-ekosistem-stepey-evrazii> Дата обращения: 13.10.2015.
24. Pauline Y.D. Da Costa, Jean-Pierre Nguetnkam, Castane M. Mvoubou, Kodjo A. Togbé, Jean-Baptiste Ettien, Albert Yao-Kouame Old landscapes, pre-weathered materials, and pedogenesis in tropical Africa: How can the time factor of soil formation be assessed in these regions? // Quaternary International. 2015. V. 376. P. 47–74. (Electronic resource). Mode of access : URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618214002869> Date of access: 13.10.2015.

25. Степанова Л.П. Физико-химическая оценка восстановления плодородия нарушенных серых лесных почв при их рекультивации / А.В. Писарева, Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева // Безопасность в техносфере. 2015. Т. 4. № 2. С. 27–32. DOI: 10.12737/11330.

26. Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г. Фитоценотическая организация альгогруппировок как возможный показатель трофности болотных экосистем // Экология. 2016. № 2. С. 1–7.

## REFERENCES

1. Pivovarova J.F., Ilyushenko A.E., Blagodatnova A.G. et al. *Pochvennie vodorosli antropogenno narushennih ekosistem* [Soil algae anthropogenically disturbed ecosystems]. Novosibirsk Publishing House NSPU, 2014. 146 p. (in Russian)
2. Plyusnin V.M. Ecological Safety of Siberia. Contemporary Problems of Ecology. 2014. V. 21. No. 6. P. 807–815. (In English) DOI: 10.1134 / S1995425514060092. (in Russian)
3. Bachura Y.M., Blagodatnova A.G. Soil algae and cyanobacteria urban lawns (for example, the city of Gomel and Novosibirsk). *Izvestiya universiteta im. Skorini* [Gomel State University. Skaryna. News], 2015, I. 3 (90), pp. 17–23. (in Russian)
4. Bachura Y.M., Blagodatnova A.G. Phytocenotic structure groupings of soil algae and cyanobacteria urban lawns (for example, the city of Novosibirsk and the city of Gomel). *Vestn. Novosib. State. Ped. Univ.* [Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin], 2015, I. 3 (25), pp. 82–93. (in Russian)
5. Blagodatnova A.G. The possibility of using soil algae in the assessment of wetland ecosystems. *Aktualnie problemi gumanitarnih i estestvennih nauk* [Aktual prospect of humanity and natures sciences]. 2014, I. 4–1, pp. 41–44. (in Russian)
6. Blagodatnova A.G. The use of soil algae in the evaluation of the land, looking for reclamation. *Sibirskii vestnik selskohozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2010, I. 10, pp. 116–118. (in Russian)
7. State Standard 17.4.3.01-83. The Nature Conservancy. Soils. General requirements for sampling. Available at: <http://docs.cntd.ru/search/> (Accessed 10 December 2015) (in Russian)
8. Hollerbach M.M., Shtina E.A. *Pochvennie vodorosli* [Soil algae]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 228 p. (in Russian)
9. Shtina E.A., Hollerbach M.M. *Ekologiya pochvennih vodoroslei* [Ecology of soil algae]. Nauka Publ., 1976. 143 p. (in Russian)
10. Kabirov R.R., Sukhanov N.V. Soil algae urban lawns (Ufa, Bashkortostan) *Bot. Zh.* [Contemporary Problems of Ecology], 1997, V. 82, I. 3, pp. 46–57. (in Russian)
11. Database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms. ed. M.D. Guiry. 19962013. Available at: <http://www.algaebase.org>. (Accessed 10 December 2015) (in Russian)
12. The on-line database of cyanobacterial genera. Jiří Komárek, Tomáš Hauer. 2004–2014. Available at: <http://www.cyanodb.cz>. (Accessed 10 December 2015)
13. Ivanova N.Y., Blagodatnova A.G. Phytocenotic organization of soil algae antropogennonarushennyh areas within the city of Novosibirsk. Biological science and formation in pedagogical high schools. Proceedings of the VII All-Russian scientific-practical conference. 2011. pp 150–154. (in Russian)
14. Kuznetsova E.V. *Algoflora urbanizirovannih territorii goroda Meleuz i ego okrestnostei. Cand. Dis.* [Algoflora Meleuz urbanized areas of the city and its surroundings. Cand. Dis.]. Ufa, 2006. 17 p. (in Russian)
15. Sukhanov N.V. *Pochvennie vodorosli gorodskih ekosistem. Cand. Dis.* [Soil algae urban ecosystems. Cand. Dis.]. Ufa, 1996. 21 p. (in Russian)
16. Khaibullina L.S., Sukhanova N.V., Kabirov R.R. *Flora i sintaksonomiya pochvennih vodoroslei i cianobakterii urbanizirovannih territorii* [Flora and syntaxonomy soil algae and cyanobacteria urbanized areas]. Ufa, Guillem Publ., 2011. 216 p. (in Russian)
17. Bachura Y.M. Cyanobacteria anthropogenically transformed soils (for example, the Gomel region). *Nauka i innovacii* [Science and Innovation], 2015, I. 5(147). (in Russian). Available at: <http://innosfera.by/node/3519> (Accessed 10 December 2015) (in Russian)
18. Blagodatnova A.G., Kulyatina A.N. The structure of the cyanobacterial-algal flora as an indicator of the development of primary substrates. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of KrasGAU], 2014, I. 9, pp. 97–101. (in Russian)
19. Pivovarova J.F., Blagodatnova A.G., Bagautdinova Z.Z. et al. Taxonomic structure of cyanobacterial-algal flora as a possible indicator of the primary models of development of various substrates. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of KrasGAU], 2014, I. 11, pp. 111–116. (in Russian)
20. Pivovarova J.F., Faktorovich L.V., Blagodatnova A.G. Features photoautotrophs taxonomic structure of soil during the development of primary substrates. *Rastitelnii mir Aziatskoi Rossii* [Plant Life of Asian Russia], 2012, V. 1, I. 1, pp 16–21. (in Russian)
21. Yunqiang Wang, Ming'an Shao, Chencheng Zhang, Xiangwei Han, Tianxu Mao, Xiaoxu Jia Choosing an optimal land-use pattern for restoring eco-environments in a semiarid region of the Chinese Loess Plateau. *Ecological Engineering*. 2015. V. 74. P. 213–222. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857414005333> (Accessed 10 December 2015)



22. Stefania Cocco, Giorgia Brecciaroli, Alberto Agnelli, David Weindorf, Giuseppe Corti Soil genesis and evolution on calanchi (badland-like landform) of central Italy. *Geomorphology*. 2015. V. 248. P. 33–46. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X15300969> (Accessed 10 December 2015)
23. Novichkova-Ivanova L.N. Algae Ecosystem Eurasian steppes. *Obschestvo. Sreda. Razvitie*. [Society. Environment. Development (Terra Humana)], 2012, I. 2. (in Russian) Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/vodorosli-ekosistem-stepey-evrazii> (Accessed 10 December 2015)
24. Pauline Y.D. Da Costa, Jean-Pierre Nguetnkam, Castane M. Mvoubou, Kodjo A. Togbé, Jean-Baptiste Ettien, Albert Yao-Kouame Old landscapes, pre-weathered materials, and pedogenesis in tropical Africa: How can the time factor of soil formation be assessed in these regions? *Quaternary International*. 2015. V. 376. P. 47–74. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618214002869> (Accessed 10 December 2015)
25. Pisareva, A., Stepanova, L., Yakovleva, E. Physico-Chemical Evaluation of Fertility Restoration of Damaged Gray Forest Soils under Reclamation. *Bezopasnost' v tekhnosfere* [Safety in Technosphere]. 2015. V. 4, I. 2, pp. 27–32. DOI: 10.12737/11330. (in Russian)
26. Pivovarova J.F., Blagodatnova A.G. Phytocenotic algogruppirovok organization as a potential indicator of trophic wetland ecosystems. *Russian Journal of Ecology*. 2016. V. 21. N 6. P. 807–815. (in Russian)

## Environmental Assessment of Soil Along Highways (Novosibirsk)

**A.G. Blagodatnova**, associate Professor, Candidate of Sciences (Biology), Novosibirsk State Pedagogical University, The Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk State University of Economics and Management

*These studies were performed for the first time at the territory of Novosibirsk. Some of the methods have not been previously used in environmental assessment along the major highways. The approbation of these methods can make a certain contribution to the theory of bioindication and biological testing (including the data on the environmental identity of individual species of plants and soil photoautotrophs). Using biological methods has allowed to evaluate the effects of living systems' exposure to chronic pollution by vehicles' emissions, which is impossible to achieve with traditionally used physicochemical methods that determine the concentration of certain pollutants only at a given time in a given sample. In the soils of Novosibirsk were found: 63 species of soil algae and cyanobacteria belonging to 42 genera, 38 families, 19 orders of 7 classes, 4 groups. Changes of taxonomic and phytocenological organization of cyanobacterial groups can serve as indicators of the environmental conditions, in particular, they can diagnose the degree of stress. The article demonstrates the possibility of applying biological methods to estimate the ecological state of technospheric territories.*

**Keywords:** highways, environmental monitoring, bioindication, soils, soil algae, cyanobacteria, taxonomic organization, phytocenological organization.

### В Китае (г. Шанхай) возводится небоскреб в соответствии с «зеленым» строительным сертификатом

Строительство небоскреба предполагается завершить в 2020 году. Небоскреб имеет 128 этажей и высоту 632 метра. Высшая точка, куда могут попасть люди, — 561,3 метра, для этого компания Mitsubishi разработала специальный скоростной лифт, разгоняющийся до 64 км/ч.

Необычна конструкция здания, снижающая давление ветра на башню. Снаружи оно похоже на пружину со 120-градусным поворотом-спиралью. Такая форма уменьшает ветровые нагрузки на здание на 24%. Стоимость сооружения оценивается в 2,4 миллиарда долларов США.

Проект Шанхайского небоскреба стал обладателем энергосберегающих конструкций, за что уже получил зеленый сертификат (зеленый строительный стандарт). Двухслойное стеклянное покрытие улучшает теплоизоляционные свойства и позволяет проникать внутрь большому количеству натурального света, снижая тем самым затраты на энергию для освещения и отопления помещений. В фасаде здания находится 270 ветрогенераторов, способных полностью обеспечивать наружное освещение. Дождевые стоки, направляемые в специальные баки, обеспечивают снабжение водой систем отопления и кондиционирования.

Источник информации: сайт <http://www.fainaidea.com>