

На правах рукописи

ЕФРЕМОВА ВИТАЛИНА АЛЕКСАНДРОВНА

**СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ
В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ГОРОДСКИХ ПОЧВ
(НА ПРИМЕРЕ Г. КИРОВА)**

03.02.08 – экология (биология)

03.02.01 – ботаника

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Сыктывкар – 2014

Работа выполнена на кафедре экологии ФГБОУ ВПО «Вятский
государственный гуманитарный университет»

Научный руководитель: **Кондакова Любовь Владимировна**
доктор биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный
гуманитарный университет»,
заведующая кафедрой экологии

Официальные оппоненты: **Широких Ирина Геннадьевна**, доктор
биологических наук, заведующая
лабораторией биотехнологии растений и
микроорганизмов Зонального научно-
исследовательского института сельского
хозяйства Северо-Востока им. Н. В.
Рудницкого
Патова Елена Николаевна, кандидат
биологических наук, доцент,
заведующая лабораторией геоботаники и
сравнительной флористики Института
биологии Коми НЦ УрО РАН

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО Башкирский
государственный педагогический
университет им. М. Акмуллы (г. Уфа)

Защита состоится «19» декабря 2014 г. в 10.00 час. на заседании
диссертационного совета Д 004.007.01 в Федеральном государственном
бюджетном учреждении науки Институте биологии Коми научного центра
Уральского отделения РАН по адресу: 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул.
Коммунистическая, д. 28.
e-mail: dissovet@ib.komisc.ru, сайт института: www.ib.komisc.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Коми научного центра
Уральского отделения РАН по адресу: 167982, г. Сыктывкар, ул.
Коммунистическая, д. 24.

Автореферат разослан _____ 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,

доктор биологических наук

Кудяшева

Алевтина Григорьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Урбанизация является мощным экологическим фактором, сопровождающимся преобразованием ландшафта, земельных и водных ресурсов, массовым производством отходов, поступающих в атмосферу, водные и наземные экосистемы (Денисов, 2008). В данных условиях значительную техногенную нагрузку испытывают городские почвы. Водоросли и цианобактерии (ЦБ) являются постоянными компонентами почвенных микробиоценозов и чутко реагируют на изменения почвенной среды (Голлербах, Штина, 1969; Штина, Голлербах, 1976; Гецен, 1985, 1990; Панкратова, 1981; Кабиров, 1991, 1995, 2007; Дубовик, 1995; Домрачева, 1998, 2005; Кузяхметов, 2006; Шарипова, 2006; Кондакова, 2012; и др.). Альгоиндикация используется для экологической оценки состояния урбанизированной среды (Кабиров, 1986; Кабиров и др., 1994; Суханова, 1996; Артамонова, 2002; Andrade et al., 2004; Lengke et al., 2006; Антипина, 2006; 2010; Кондакова, Домрачева, 2008; Трухницкая, 2008; Аксенова, 2010; Зыкова, 2013; и др.). Город Киров относится к разряду крупных городов на европейском Северо-Востоке, в котором проживает третья часть населения области и сконцентрирована основная промышленность региона. Изучение сообществ почвенных водорослей и ЦБ городских почв, испытывающих антропогенное и техногенное воздействие, является актуальным, в том числе и для г. Кирова, позволяет выявить реакцию фототрофов на экологические условия городской среды, определить возможность использования определенных видов и группировок для экологической оценки состояния почв.

Цель исследования – выявить закономерности структуры и развития почвенных водорослей и цианобактерий в городских почвах с разным уровнем антропогенной нагрузки для их экологической оценки.

Задачи исследования:

1. Изучить флористический состав, систематическую и эколобиоморфную структуру почвенных водорослей и ЦБ в урбоэкосистеме г. Кирова;
2. Провести сравнительный анализ альгофлоры промышленной, транспортной, селитебной и рекреационной зон г. Кирова;
3. Оценить количественные показатели альгогруппировок почв г. Кирова;
4. Изучить «цветение» городских почв;
5. Дать экологическую оценку почв г. Кирова методами химического анализа и биотестирования.

Научная новизна. Впервые для г. Кирова проведено изучение городских почв методами альгологического, химического анализа и биотестирования и дана экологическая оценка состояния почвенной среды. Проведено комплексное изучение таксономической, экологической структуры и закономерностей развития почвенных водорослей и ЦБ в различных функциональных зонах г. Кирова. Показано, что почвенная альгофлора является индикатором состояния почвенной среды и отражает характер антропогенной нагрузки. Составлены формулы эколобиоморф для различных функциональных зон г. Кирова. Установлены количественные показатели

«цветения» городских почв. Выявлена специфика организации фототрофных комплексов «цветения» почв в техногенных зонах г. Кирова. Доказана высокая плотность популяций фототрофов в осенних биопленках «цветения» почвы (63-194 млн. клеток/см²). Методами кластерного анализа и корреляционных плеяд построены модели, отражающие уровень сходства и различия между альгофлорами различных функциональных зон г. Кирова. Доказана необходимость сочетания количественных и качественных показателей альгофлоры для экологической оценки состояния городских почв.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследования дополняют сведения о сообществах почвенных водорослей урбанизированных территорий, в том числе различных функциональных зон города.

Изучены возможности применения альгологического анализа для оценки экологического состояния городской среды. Доказано, что комплексное изучение почвенной среды с использованием методов альгологического, химического анализа и биотестирования позволяет оценить и прогнозировать экологическое состояние урбанизированных территорий. Определены перспективы использования результатов исследований для разработки и оптимизации программ экологического мониторинга урбанизированных территорий. По результатам исследований составлен список флоры почвенных водорослей и ЦБ г. Кирова, включающий 141 вид.

Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении курсов общей экологии, экологии организмов, экологии популяций и сообществ, биологии почв, биоиндикации на химическом факультете Вятского государственного гуманитарного университета (ВятГГУ) и в Вятской государственной сельскохозяйственной академии (ВГСХА).

Положения, выносимые на защиту:

1. Почвенная альгофлора урбанизированных территорий отражает характер и уровень антропогенного воздействия, что проявляется в видовом составе альгосинузий, комплексе доминирующих видов и количественных показателях.

2. Антропогенная нагрузка в городской среде приводит к значительному сходству альгофлор промышленной, транспортной и селитебной зон города и выражается в доминировании цианобактериального компонента фототрофных микробных комплексов. Только состав альгофлоры рекреационной зоны г. Кирова по видовому разнообразию, соотношению основных отделов и жизненным формам близок к зональным почвам.

3. Для городских почв характерна необычайно высокая плотность фототрофных популяций в биопленках, достигающая 194 млн. клеток/см² почвы, при суммарной длине нитей ЦБ 638 м/см² почвы.

4. Альгологическая оценка экологического состояния городских почв, основанная на методах флористического, систематического, экобиоморфного и количественного анализа подтверждена методами химического анализа и биотестирования.

Личное участие автора. За период с 2007 по 2013 гг. автором сделан аналитический обзор литературы, написаны статьи и тезисы докладов,

проведено планирование экспериментальной работы, отбор 246 почвенных образцов, приуроченных к 77 пробным площадкам и постановка чашечных культур, выявление видового состава водорослей, интерпретация полученных фактических данных. Работа выполнялась на кафедре экологии, в аккредитованной экоаналитической лаборатории и лаборатории биомониторинга ВятГГУ.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были представлены на Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов – 2009» (Москва, 2009); XLVII, XLVIII, L Международной научной конференции «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирск, 2009, 2010, 2012); Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной «Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах» (Киров, 2010); IV Международной конференции «Актуальные проблемы современной альгологии» (Киев, 2012); II (X) Международной Ботанической Конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге (Санкт-Петербург, 2012); Всероссийской научно-практической конференции молодежи «Экология родного края – проблемы и пути их решения» (Киров, 2008 – 2013); VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации» (Киров, 2010); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биологический мониторинг природно-техногенных систем» (Киров, 2011); X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» (Киров, 2012); 4-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экологические проблемы промышленных городов» (Саратов, 2011); XIX Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, 2012).

Публикации: по теме диссертации опубликовано 25 работ, из них 3 – в периодических изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и 1 глава в коллективной монографии.

Структура и объем диссертации. Текст диссертации изложен на 167 страницах, в том числе 125 страниц - основного текста, содержащего 31 таблицу и 22 рисунка. Работа состоит из введения, 4 глав, выводов, 3 приложений, списка литературы, включающего 312 источников, в том числе 53 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Почвенные водоросли и цианобактерии городских экосистем (обзор литературы)

Проведен анализ работ по изучению сообществ почвенных водорослей различных городских территорий (Горовиц-Власова, 1927; Рихтер, Орлова, 1928; Сологуб, Толстых, 1928; Андросова, 1964; Москвич, 1973, 1977; Кабиров, 1986; Кабиров и др., 1994; Суханова, 1996; Артамонова, 2002; Антипина, 2006;

2010; Трухницкая, 2008; Аксенова, 2010; Особенности урбозкосистем, 2012; и др.). На основе анализа данных выделяются особенности альгокомплексов урбанизированных территорий. Отмечается, что на урбанизированных территориях формируются своеобразные сообщества почвенных водорослей и ЦБ, которые отличаются по видовому составу, комплексу доминирующих видов, экологической структуре (Штина, Неганова, 1985; Штина, 1990; Дубовик, 1995; Шкундина, 1996; Шалару, 2012). Рассматриваются таксономические и экологические группы водорослей, основные закономерности их развития в антропогенно-нарушенных почвах (Штина и др., 1986, 1988; Неганова и др., 1986; Суханова, 1996; Андреева, 1998; Lukešová, 2001; Neustupa, Skaloud, 2005; Домрачева, 2005, 2009; Зарипова, 2009; Кузяхметов, 2009; Пурина, 2009; Сафиуллина, 2009; Аксенова, 2010). Обсуждается феномен «цветения» почвы городских территорий. Отмечается, что в биопленках между партнерами одного вида, разных видов и даже различных трофических уровней складываются особые отношения, позволяющие противостоять неблагоприятным факторам внешней среды более успешно, чем отдельные особи (Costerton, 1995; Gross, 2002; Waters, Bassler, 2005; Домрачева, 2005; Domracheva et al., 2006; Yunpu et al., 2010; Кондакова и др., 2012).

Глава 2. Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись почвенные образцы, отобранные в промышленной, транспортной, селитебной и рекреационной зонах г. Кирова в течение вегетационных сезонов за период 2007-2013 гг. с целью экологической оценки состояния городских почв. Всего на территории г. Кирова отобрано 246 почвенных образцов, приуроченных к 77 пробным площадкам. Средние образцы почв отбирались с глубины 0-5 см (182 почвенных образца) и 0-2(3) мм при «цветении» почв (38 пленок «цветения»). На флористический анализ отобрано 160 проб, на количественный анализ – 60 проб. Смешанные образцы почв для определения содержания тяжелых металлов отбирались с глубины 0-10 см в транспортной и промышленной зонах г. Кирова (12 почвенных образцов). Для биотестирования и определения содержания нефтепродуктов в почвах смешанные образцы почв отбирались с глубины 0-10 см и 10-20 см в рекреационной зоне г. Кирова и в зонах с высокой автотранспортной нагрузкой (14 почвенных образцов).

Методы исследований. Видовой состав водорослей определяли методом чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопирования свежевзятой почвы (Голлербах, Штина, 1969; Штина, Голлербах, 1976). Для характеристики сообществ почвенных водорослей и ЦБ основывались на следующих критериях (Штина, Голлербах, 1976): видовой состав, доминирующие виды и группы видов, спектр «жизненных форм» водорослей, встречаемость отдельных видов или групп водорослей, специфические виды или их группы.

Количественный учет фототрофных микроорганизмов средних образцов почвы и пленок «цветения» проводили на мазках (Домрачева, 2005) прямым микроскопическим методом. Одновременно на этих же препаратах определяли

длину грибного мицелия с параллельной дифференциацией популяций грибов на бесцветные и меланизированные формы (Методика определения токсичности проб почв методом биоиндикации по соотношению микромицетов с окрашенным и бесцветным мицелием № 224.03.13.048/2009).

Методами химического анализа определяли рН и содержание гумуса в городских почвах (Теория и практика..., 2006). Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в почве определяли методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии (Методика выполнения измерений..., 2007) в аккредитованной экоаналитической лаборатории ВятГГУ. Содержание нефтепродуктов (НП) в городских почвах определяли методами флуориметрии и инфракрасной спектрофотометрии (ИК-спектрометрия).

Биотестирование городских почв проводили с использованием ЦБ р. *Nostoc* тетразольно-топографическим методом (Применение тетразольно-топографического..., 2008), а также с применением аттестованных методик с использованием тест-организмов разных трофических уровней: люминесцентных бактерий *Escherichia coli* тест-системы «Эколюм», простейших *Paramecium caudatum*, низших ракообразных *Daphnia magna Straus*.

Статистическая обработка данных количественного учета водорослей, ЦБ и микромицетов произведена с помощью программного обеспечения Microsoft® Excel® 2010. Диаграммы построены с использованием программного обеспечения Microsoft® Excel® 2010 и Microsoft® Visio® 2010. Погрешность в приведенных данных представляет из себя границы доверительного интервала при $P=0,95$.

Глава 3. Особенности группировок почвенных водорослей и цианобактерий в различных функциональных зонах г. Кирова

В почвах г. Кирова обнаружен 141 вид и разновидность почвенных водорослей и ЦБ (рисунок 1), в том числе Cyanobacteria – 54 вида и разновидности (38%), Bacillariophyta – 15 видов и разновидностей (11%), Xanthophyta – 14 видов (10%), Eustigmatophyta – 4 вида (3%), Chlorophyta – 53 вида и разновидности (37%), Euglenophyta - 1 вид (1%).

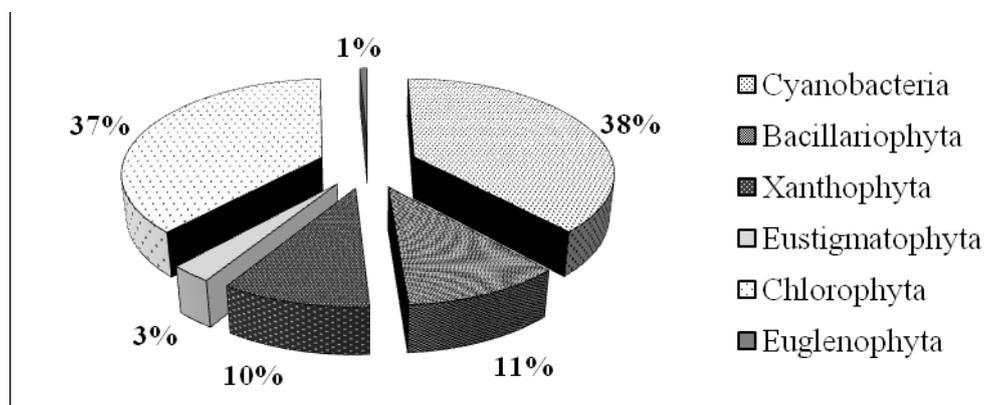


Рисунок 1 – Таксономический спектр общей альгофлоры почв г. Кирова

Выявлена специфика почвенных водорослей и ЦБ в разных функциональных зонах г. Кирова. Состав альгофлоры почв г. Кирова имеет

черты, сближающие его с зональными почвами, и отличия, характерные для почв урбанизированных территорий.

Почвенные водоросли промышленной зоны г. Кирова. В промышленной зоне обнаружено 95 видов и разновидностей почвенных водорослей, в том числе Cyanophyta – 44 вида и разновидностей (46%), Bacillariophyta – 13 видов и разновидностей (14%), Xanthophyta – 4 вида (4%), Eustigmatophyta – 3 вида (3%), Chlorophyta – 31 вид и разновидность (33%). В альгогруппировках преобладали представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta. Комплекс доминирующих видов был разнообразен и включал представителей 3 отделов: Cyanobacteria – *Phormidium autumnale*, *Microcoleus vaginatus*, *Leptolyngbya frigida*, *L. foveolarum*; Bacillariophyta – *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *L. nivalis*, *Nitzschia palea*; Chlorophyta – *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorella vulgaris*, *Bracteacoccus minor*.

Анализ альгофлоры по жизненным формам указал на преобладание нитевидных безгетероцистных ЦБ (БЦБ), тяготеющих к голым участкам минеральной почвы и обладающих ксероморфной структурой, видов-убиквистов, отличающихся исключительной выносливостью к различным экстремальным условиям, азотфиксирующих синезеленых водорослей, диатомей, живущих в поверхностных слоях влажной почвы и теневыносливых видов. Формула экобиоморф: $P_{26}Ch_{15}CF_{13}V_{13}X_{12}H_7C_4M_2amph_2hydr_1$.

Специфику «цветения» почвы в районе промышленной зоны г. Кирова рассматривали на примере Биохимического завода (БХЗ), ТЭЦ-5 и Кировского завода по обработке цветных металлов (ОЦМ).

Флористический состав пленок «цветения», отобранных осенью вблизи Биохимзавода, представлен 8 видами (рисунок 2). Доминантами сообщества являлись гетероцистные ЦБ (ГЦБ) – *Nostoc commune*. В поверхностных разрастаниях были хорошо заметны макроскопические шаровидные колонии *Nostoc commune* и других ЦБ. Плотность популяций фототрофов в пленках «цветения» составила $63 \pm 7,0$ млн. клеток/см² (рисунок 3), в почвенных пробах (слой 0-5 см) – $0,3 \pm 0,0$ млн. клеток/г почвы. Отмечена высокая доля микромицетов с окрашенным мицелием (85-95%), суммарная длина нитей микромицетов составила 361-391 м/г почвы.

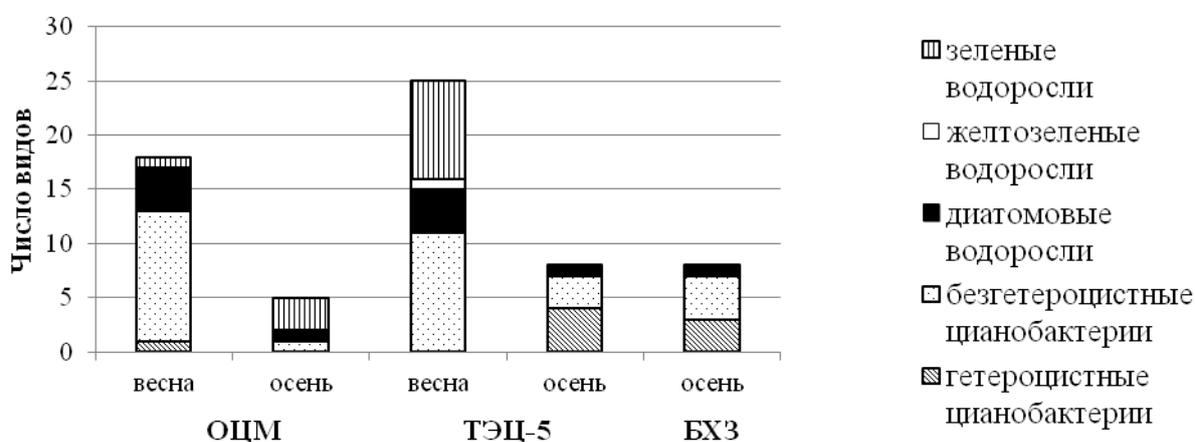


Рисунок 2 – Видовой состав биопленок «цветения» почвы в промышленной зоне г. Кирова

Прямым микроскопированием весенней пленки «цветения», взятой в районе ОЦМ, обнаружено 17 видов почвенных водорослей (рисунок 2). Численность клеток составляла $13,8 \pm 1,3$ млн. клеток/см² почвы, преобладали представители ЦБ – $13,2 \pm 1,2$ млн. клеток/см² почвы (рисунок 3). Видовой состав осенних биопленок беднее, было отмечено всего 5 видов фототрофов. Доминировали ЦБ. При этом численность доминанта в пленке «цветения» БЦБ *Phormidium uncinatum* достигала $153,1 \pm 27,4$ млн. клеток/см², суммарная длина нитей ЦБ составила 638 м/см² (рисунок 4). Численность клеток в почвенных пробах (слой 0-5 см) – $5,1 \pm 0,4$ млн. клеток/г почвы.

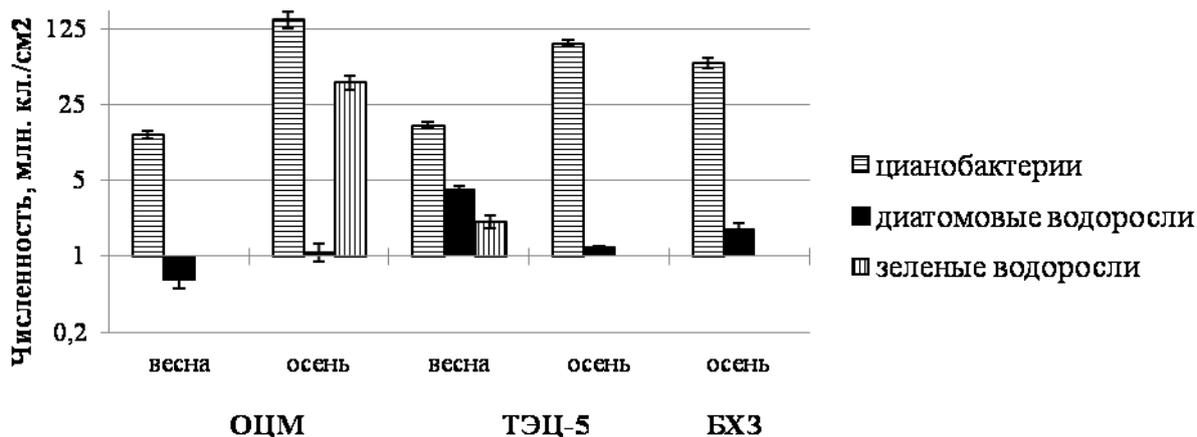


Рисунок 3 – Количественные показатели биопленок «цветения» почвы в промышленной зоне г. Кирова

В пленках «цветения», взятых весной в районе ТЭЦ-5, видовое разнообразие было представлено 25 видами (рисунок 2). Общая численность клеток ЦБ и водорослей составила $22,2 \pm 1,7$ млн. клеток/см² почвы. Преобладали ЦБ с численностью до $16,0 \pm 1,1$ млн. клеток/см² почвы. Видовой состав осенних биопленок, как и в районе ОЦМ, был беднее по сравнению с весенними пробами и включал всего 8 видов, доминировали ГЦБ – *Nostoc commune* и *Microchaete tenera*. Численность составила $93,12 \pm 7,0$ млн. клеток/см², количественные показатели водорослей в слое 0-5 см – $11,3 \pm 0,7$ млн. клеток/г почвы.

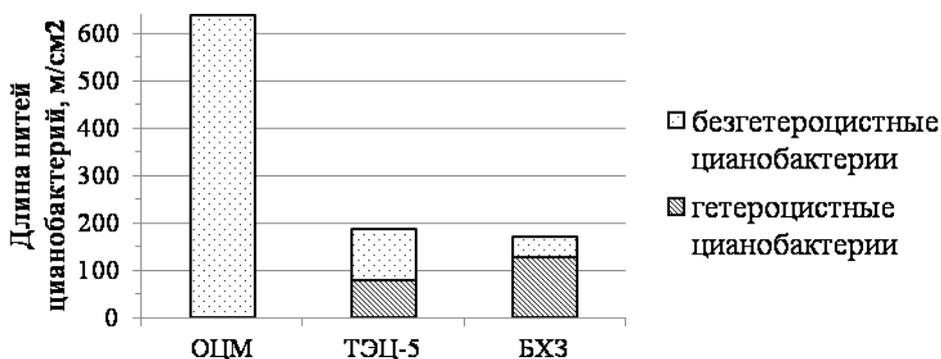


Рисунок 4 – Длина нитей ЦБ группировок позднего «цветения» почвы в промышленной зоне г. Кирова

Почвенные водоросли транспортной зоны г. Кирова. В транспортной зоне г. Кирова выявлено 76 видов и разновидностей почвенных водорослей, в том числе Cyanobacteria – 31 вид и разновидность (41%), Bacillariophyta – 10 видов и разновидностей (13%), Xanthophyta – 4 вида (5%), Eustigmatophyta – 3 вида (4%), Chlorophyta - 27 видов и разновидностей (36%), Euglenophyta – 1 вид (1%). Как и в промышленной зоне, более богатое видовое разнообразие имеют представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta, вместе они образуют 77% общего видового состава водорослей. Комплекс доминирующих видов составляли представители 3 отделов: Cyanobacteria – *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Microcoleus vaginatus*, *Leptolyngbya frigida*, *L. foveolarum*; Bacillariophyta – *Navicula pelliculosa*, *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *L. nivalis* и Chlorophyta – *Bracteacoccus minor*, *Chlorella vulgaris*, *Coccomyxa confluens*, *Stichococcus minor*, *S. chodatii*.

Формула экобиоморф: P₁₉Ch₁₅ X₁₃B₁₀CF₇C₅H₃M₂amph₂.

С целью изучения влияния выбросов автотранспорта на видовой состав почвенных водорослей и ЦБ проведен отбор почвенных образцов на разном расстоянии от полотна дороги (0-10 м; 10-20 м; 30-40 м). Наблюдалась тенденция уменьшения количества видов фототрофов по мере удаления от дороги (таблица 1). Численность клеток фототрофов в слое 0-5 см, отобранных на разном расстоянии от полотна дороги, изменялась от 3,9±0,6 до 0,3±0,0 млн. клеток/г почвы.

Таблица 1 – Изменение видового состава почвенных водорослей по мере удаления от полотна дороги

Отделы	Расстояние от дороги, м			Всего видов
	0-10	10-20	30-40	
Cyanobacteria	14	10	4	19
Bacillariophyta	6	5	2	6
Chlorophyta	7	10	8	14
Xanthophyta+Eustigmatophyta	1	1	0	2
Всего	28	26	14	41

В осенних биопленках цветения доминирующее положение занимали ЦБ и диатомовые водоросли, численность фототрофов составляла от 6,9±1,9 до 31,0±9,0 млн. клеток/см² почвы.

Почвенные водоросли селитебной зоны г. Кирова. В селитебной зоне г. Кирова обнаружено 72 вида и разновидности почвенных водорослей, в том числе Cyanobacteria – 32 вида и разновидности (44%), Bacillariophyta – 12 видов и разновидностей (17%), Xanthophyta – 4 вида (5%), Eustigmatophyta – 2 вида (3%), Chlorophyta – 22 вида и разновидности (31%). Доминирующий комплекс составили ЦБ – *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Pseudanabena catenata*, *Microcoleus vaginatus* и диатомовые водоросли – *Navicula pelliculosa*, *Nitzschia palea*.

Формула экобиоморф: P₂₀Ch₁₃B₁₁X₈CF₇C₄H₃M₂hydr₂amph₂.

Почвенные водоросли рекреационной зоны г. Кирова. В рекреационной зоне г. Кирова обнаружен 101 вид и разновидность почвенных водорослей, в том числе Cyanobacteria – 33 вида и разновидности (33%),

Bacillariophyta – 10 видов и разновидностей (10%), Xanthophyta – 13 видов (13%), Eustigmatophyta – 4 вида (4%), Chlorophyta - 41 вид и разновидность (40%). Доминирующее положение в альгогруппировках занимали представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta, вместе их доля составила 73%. Однако преобладающая роль принадлежит зеленым водорослям, типичным представителям лесных экосистем (Алексахина, Штина, 1984). По сравнению с другими зонами г. Кирова довольно разнообразными оказались в рекреационной зоне представители Xanthophyta и Eustigmatophyta. Комплекс доминирующих видов разнообразен и включает представителей 3 отделов: Cyanobacteria – *Leptolyngbya foveolarum*, *Microcoleus vaginatus*, *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. formosum*, *Nostoc punctiforme*, *Cylindrospermum licheniforme*, *C. michailovskoense*; Bacillariophyta – *Hantzschia amphioxys*; Chlorophyta – *Chlamydomonas gloeogama*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorella vulgaris*.

Формула экобиоморф: $X_{22}P_{17}Ch_{16}C_{13}CF_{12}V_{10}H_7M_2hydr_1amph_1$.

Глава 4. Экологическая оценка почв г. Кирова методами альгоиндикации, химического анализа и биотестирования

Оценка состояния почв г. Кирова методами альгоиндикации

В почвах г. Кирова обнаружен 141 вид и разновидность почвенных водорослей, относящихся к 6 отделам, 9 классам, 25 порядкам, 44 семействам, 62 родам (таблица 2). Это составляет 23% от общего числа видов, известных для почв Кировской области и 13% для почв России (Штина, 1997).

Таблица 2 – Таксономическая структура общей альгофлоры почв г. Кирова

Отдел	Число таксонов					
	Классов	Порядков	Семейств	Родов	Видов	Видов и разновидностей
Сyanobacteria	1	2	10	16	52	54
Chlorophyta	4	14	22	28	52	53
Xanthophyta	1	4	5	8	14	14
Eustigmatophyta	1	1	1	2	4	4
Bacillariophyta	1	3	5	7	13	15
Euglenophyta	1	1	1	1	1	1
Всего	9	25	44	62	136	141

К числу ведущих порядков общей альгофлоры г. Кирова относятся Oscillatoriales (30 видов и разновидностей или 21% от общего числа), Nostocales (24 вида и разновидности или 17% от общего числа), Volvocales (13 или 9%), Naviculales (12 или 8,5%), Chlorococcales (10 или 7,1%). На долю перечисленных порядков приходится 62,6% от общего видового разнообразия почвенных водорослей г. Кирова. Лидирующее положение представителей порядка Oscillatoriales в зональных почвах степей показано в работах Г. Г. Кузьяметова (2006).

В систематическом спектре альгофлоры почв г. Кирова лидирующие позиции занимают семейства *Phormidiaceae*, *Nostocaceae*, *Pseudanabaenaceae* и *Chlamydomonadaceae*.

К ведущим по числу видов родам общей альгофлоры можно отнести следующие: *Phormidium* (19 видов и разновидностей или 13,5% от общего числа), *Chlamydomonas* (13 или 9,2%), *Leptolyngbya* (8 или 5,7%), *Nostoc*, *Luticola*, *Stichococcus* и *Pleurochloris* (по 5 или 3,5%).

Показатель степени аридности (соотношение Cyanobacteria / Chlorophyta) для общей урбанофлоры г. Кирова составляет 1,0, что свидетельствует об утрате зональных лесных черт. Увеличение доли Cyanobacteria по сравнению с Chlorophyta отмечается для промышленной, транспортной и селитебной зон г. Кирова, показатель степени аридности для которых составляет 1,4; 1,2; 1,5 соответственно, что является характерной чертой альгофлоры степных почв (Кузяхметов, 2006). Для рекреационной зоны данный показатель равен 0,8, что соответствует альгофлоре лесных почв (Кузяхметов, 2006). Пропорции общей флоры города составляют: в/р=2,3; в/с=3,2; р/с=1,4.

При анализе экобиоморфной структуры общей альгофлоры почв города лидирующее положение занимают P-, X- и Ch - формы (рисунок 5).

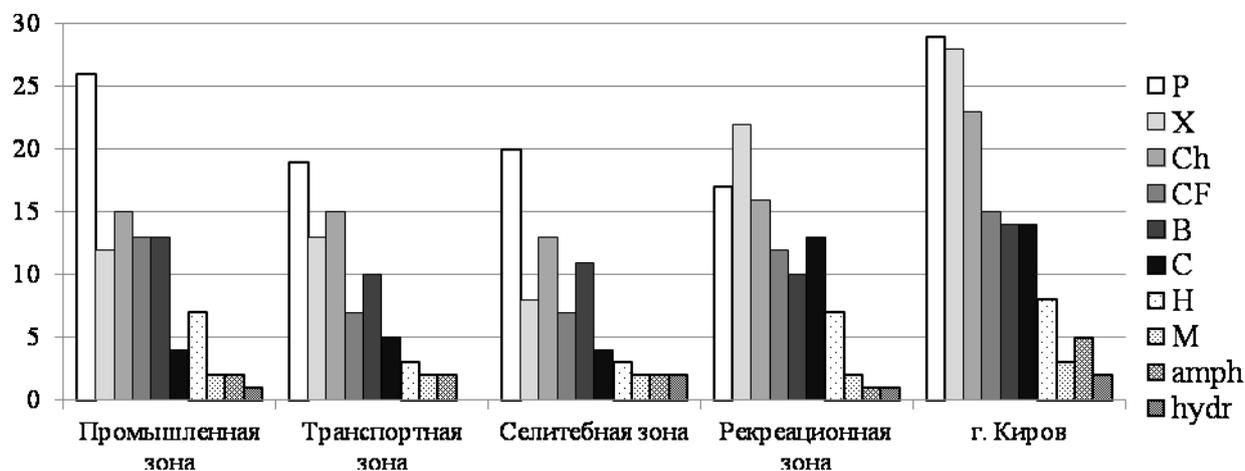


Рисунок 5 – Спектр жизненных форм почвенных водорослей и ЦБ г. Кирова

Сравнение альгофлоры городских почв с использованием коэффициента Сьеренсена-Чекановского указало на значительное сходство альгофлоры промышленной и транспортной зон ($K_{sc} = 0,7$), а также селитебной с промышленной и транспортной зонами ($K_{sc} = 0,69$). В наименьшей степени сходны между собой рекреационная и селитебная зоны ($K_{sc} = 0,62$). Сравнительный анализ видового состава альгофлоры различных типов городских местообитаний с использованием коэффициента видового сходства Сьеренсена-Чекановского позволил выявить наличие одного кластера (рисунок 6). Данный кластер включает в себя альгофлоры промышленной и транспортной зон, которые утрачивают зональные черты и характеризуются преобладанием видов-убиквистов, а также альгофлору селитебной зоны. Максимальный уровень сходства внутри данного кластера ($K_{sc} = 0,7$) обнаруживают альгофлоры промышленной и транспортной зон. Обособленно от данного кластера находится альгофлора рекреационной зоны г. Кирова, которая сохранила некоторые характерные зональные особенности.

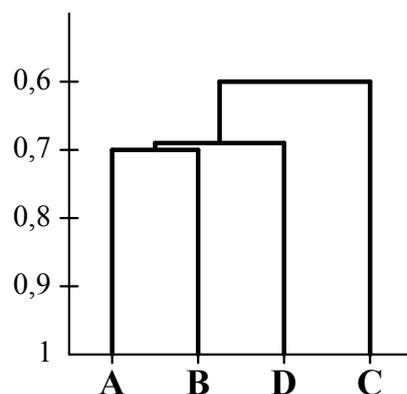


Рисунок 6 – Кластер сходства видового состава альгофлор г. Кирова

Примечание: по вертикальной оси – значения коэффициентов Сьеренсена-Чекановского; по горизонтальной оси – альгофлоры: **A** – промышленная зона, **B** – транспортная зона, **C** – рекреационная зона, **D** – селитебная зона.

Анализ значений коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ_s), рассчитанный по числу видов в 11 ведущих семействах, обнаружил существенные колебания в пределах от 0,41 до 0,97. Данный разброс значений свидетельствует о неравномерности распределения видов по семействам в исследуемых объектах. Сравнение значений коэффициента ранговой корреляции Спирмена показало, что самыми близкими по флористическим спектрам оказались альгофлоры селитебной и транспортной зон ($\rho_s = 0,97$), а также транспортной и промышленной зон ($\rho_s = 0,96$). В наименьшей степени сходны между собой альгофлоры промышленной и рекреационной зон ($\rho_s = 0,41$). На основании матрицы коэффициентов ранговой корреляции Спирмена для ведущих семейств методом корреляционных плеяд П. В. Терентьева был построен дендрит, отражающий достоверные корреляционные связи между альгофлорами исследуемых участков (рисунок 7). В дендрите, построенном способом «максимального корреляционного пути», при повышении уровня связи выделилась одна корреляционная плеяда. Данная плеяда объединяет альгофлоры промышленной (A), транспортной (B) и селитебной зон (D). Максимальный коэффициент корреляции отмечается между альгофлорами транспортной и селитебной зон ($\rho_s = 0,97$). Выделенная плеяда имеет структуру «цепь», которая отражает высокий уровень связей (Шмидт, 1984). Альгофлора рекреационной зоны (C) дивергирует от общей плеяды, так как достоверное сходство флористических спектров с общей плеядой при выбранном уровне значимости 0,523 отсутствует.

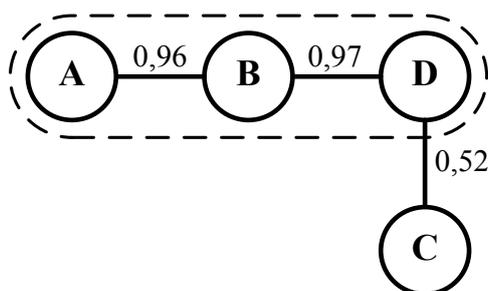


Рисунок 7 – Дендрит, построенный способом «максимального корреляционного пути»

Примечание: условные обозначения соответствуют рисунку 6.

Таким образом, сравнительный анализ исследуемых функциональных зон показал существенное сходство альгофлоры промышленной, транспортной и селитебной зон. В наименьшей степени с исследуемыми функциональными зонами сходна альгофлора рекреационной зоны, которая сохранила некоторые характерные зональные особенности.

Оценка состояния почв г. Кирова методами химического анализа. В изученных нами почвах г. Кирова отмечается высокое значение рН солевой вытяжки, которое варьирует от 7,1 до 7,9, в то время как для дерново-подзолистых почв Кировской области характерна кислая реакция (рН_{КСІ} в среднем составляет 4,8), в ненарушенных дерново-карбонатных почвах г. Кирова рН варьирует от 6,0 до 7,2 (Тюлин, 1976). Содержание гумуса в городских почвах колеблется от 5,9% до 13,3%, что выше значений, характерных для ненарушенных дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв г. Кирова.

В почвах на городских перекрестках валовые концентрации тяжелых металлов не превышают ОДК, однако содержание подвижных соединений довольно высокое: Zn – до 2 ПДК, Cu – до 2,6 ПДК, Ni – до 1,6 ПДК, Pb – до 1,2 ПДК (таблица 3). Суммарный показатель техногенного загрязнения (Zс) закономерно снижается по мере удаления от полотна дороги (от 4,8 на расстоянии 1 м от дороги до 2,8 на расстоянии 40 м от дороги). Абсолютные значения Zс соответствуют низкому уровню загрязнения. Несмотря на то, что коэффициент техногенного загрязнения тяжелыми металлами постепенно уменьшается, концентрации отдельных тяжелых металлов (Zn, Pb) не всегда закономерно снижаются по мере удаления от дороги, чем можно объяснить более высокое видовое разнообразие почвенных водорослей и ЦБ вблизи дорожного полотна (0-10 м) по сравнению с более дальним расстоянием (30-40 м).

Таким образом, видовое разнообразие почвенных водорослей и ЦБ вблизи автотранспортных магистралей не лимитируется химическим загрязнением, большую роль играют природные факторы, такие как влажность, освещенность, проективное покрытие травяного полога.

Таблица 3 – Содержание тяжелых металлов в почвах г. Кирова

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ПДК (ОДК), мг/кг	C _ф
Zn	П	38,7	24,4	16,6	38,4	20,7	33,0	26,1	40,0	40,4	43,6	14,9	17,5	23,0	-
	В	107,9	81,1	68,9	105,6	86,1	132,0	69,6	182,5	130,0	154,6	63,9	64,1	220	58
	П/В	36	30	24	36	24	25	38	22	31	28	23	27	-	-
Cu	П	7,9	7,4	2,4	2,5	1,3	0,6	0,6	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	3,0	-
	В	67,2	110,2	42,1	41,3	32,3	38,6	23,3	46,6	38,6	34,9	41,6	26,2	132	28
	П/В	12	7	6	6	4	2	3	3	3	3	2	3	-	-
Cd	П	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	-	-
	В	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	2,0	-
	П/В	50	50	50	67	50	33	50	50	67	67	50	67	-	-
Ni	П	6,6	6,2	2,3	3,0	1,0	0,6	0,7	1,4	1,1	1,2	1,1	0,8	4,0	-
	В	73,5	61,3	34,2	33,8	39,1	29,1	22,5	28,7	23,6	25,6	25,0	28,6	80	33
	П/В	9	10	7	9	3	2	3	5	5	5	4	3	-	-
Pb	П	3,7	4,1	3,2	4,1	2,9	2,6	6,4	7,5	5,0	6,5	0,9	0,6	6,0	-
	В	15,1	12,2	16,3	18,8	18,3	24,0	15,6	36,7	29,6	35,3	5,9	7,3	130	12
	П/В	25	34	20	22	16	11	41	20	17	18	15	8	-	-
Z _c	4,8	5,2	2,1	2,9	2,4	3,6	1,0	5,8	3,8	4,6	0,9	0,5	-	-	

Примечание: жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК и ОДК;

1 - 4 - перекресток ул. Московской и ул. Производственной на расстоянии 1 м, 5 м, 15 м, 30 м от полотна дороги соответственно;

5 - 7 - перекресток ул. Профсоюзной и ул. Карла Маркса на расстоянии 0-10 м, 10-20 м, 30-40 м от дороги соответственно;

8 – 10 - перекресток ул. Профсоюзной и Октябрьского проспекта на расстоянии 0-10 м, 10-20 м, 30-40 м от дороги соответственно;

11 и 12 – район Биохимического завода;

П – подвижная форма (мг/кг), **В** – валовая форма (мг/кг), **П/В** – соотношение подвижных и валовых форм (%),

C_ф – фоновая концентрация (мг/кг), **Z_c** – суммарный показатель техногенного загрязнения.

Оценка состояния почв г. Кирова методами биотестирования. Оценка степени токсичности почв различных зон г. Кирова с помощью ЦБ рода *Nostoc* показала, что различные виды ностока обладают различной степенью чувствительности по отношению к химическим компонентам почвенной вытяжки, и что уровень токсичности почвы в разных зонах города различен (таблица 4). Наиболее чувствительным тест-организмом является *N. muscorum*, у которого отмечена повышенная гибель клеток в почвенной вытяжке района БХЗ вплоть до 98,19%.

Таблица 4 – Гибель клеток цианобактерий р. *Nostoc* в почвенной вытяжке из различных зон г. Кирова (%)

Вид цианобактерий	Контроль	Зоны города		
		транспортная	промышленная	рекреационная
<i>N. paludosum</i>	1,89	19,13-25,23	4,70-25,77	12,37
<i>N. linckia</i>	1,53	13,10-20,67	5,47-17,33	15,85
<i>N. muscorum</i>	1,10	15,45-18,15	18,37-98,19	16,75

Примечание: в контрольном варианте определяли число нежизнеспособных клеток в

чистой культуре ЦБ, которую в дальнейшем использовали для целей биотестирования.

Наши результаты показывают, что по индексу токсичности (ИТ) почву в районе БХЗ следует признать сверхтоксичной (в таблице 5 результат ИТ=0,02 выделен жирным шрифтом) по тестированию с помощью *N. muscorum*. Все остальные полученные показатели ИТ практически свидетельствуют о низкой токсичности исследуемых городских почв.

Таблица 5 – Индекс токсичности городских почв

Зоны города	Виды ностоков		
	<i>N. paludosum</i>	<i>N. linckia</i>	<i>N. muscorum</i>
Транспортная	0,76-0,89	0,80-0,86	0,83-0,85
Промышленная	0,75-0,98	0,87-0,96	0,02-0,82
Рекреационная	0,89	0,85	0,84

По результатам биотестирования на *Daphnia magna* и *Paramecium caudatum* выявлено отсутствие острой токсичности. Тест-система «Эколюм» оказалась наиболее чувствительной к загрязнению городских почв в условиях острого опыта. Высокие индексы токсичности выявлены для некоторых перекрестков улиц с высокой автотранспортной нагрузкой (22,82 – 47,02), а также парка им. Гагарина и Александровского сада (24,22 – 33,81) на глубине 10-20 см. Тенденция увеличения токсичности почвы к осени более ярко проявляется в экспериментах с бактериями. Выделяются пробы, отобранные в разные периоды на перекрестках улиц Воровского и Производственной: индекс токсичности увеличивается к осени более чем в 1,5 раза.

Результаты химического анализа и биотестирования городских почв приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты биотестирования и химического анализа почв г. Кирова

		Функциональные зоны		
		Промышленная	Транспортная	Рекреационная
Методы биотестирования				
<i>Daphnia magna</i> , смертность, %		–	0-6,7	0-6,9
<i>Paramecium caudatum</i> , индекс токсичности, у.е.		–	0-0,152	0-0,050
«Эколюм», индекс токсичности, у.е.		–	0-47,02	15,84-33,81
<i>N. paludosum</i> , индекс токсичности, у.е.		0,75-0,98	0,76-0,89	0,89
<i>N. linckia</i> , индекс токсичности, у.е.		0,87-0,96	0,80-0,86	0,85
<i>N. muscorum</i> , индекс токсичности, у.е.		0,02-0,82	0,83-0,85	0,84
Методы химического анализа				
Zn	Подвижная форма (мг/кг)	14,9-17,5	16,6- 43,6	–
	Валовая форма (мг/кг)	63,9-64,1	68,9-182,5	–
Cu	Подвижная форма (мг/кг)	0,7-0,8	0,6-7,9	–
	Валовая форма (мг/кг)	26,2-41,6	23,3-110,2	–
Cd	Подвижная форма (мг/кг)	0,1-0,2	0,1-0,2	–
	Валовая форма (мг/кг)	50-67	33-67	–
Ni	Подвижная форма (мг/кг)	0,8-1,1	0,6-6,6	–
	Валовая форма (мг/кг)	25,0-28,6	22,5-73,5	–
Pb	Подвижная форма (мг/кг)	0,6-0,9	2,6-7,5	–
	Валовая форма (мг/кг)	5,9-7,3	12,2-36,7	–

Примечание: жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК и ОДК, показатели, свидетельствующие о токсичности пробы; – исследования не проводили.

Оценка почв г. Кирова методами химического анализа и биотестирования позволила установить, что наиболее загрязненной является транспортная зона г. Кирова. Таким образом данные альгологического анализа почв г. Кирова подтверждаются результатами химического анализа и биотестирования. Транспортная нагрузка оказывает негативное воздействие на развитие желтозеленых водорослей, являющихся индикаторами чистых почв. В транспортной зоне видовое разнообразие желтозеленых водорослей составляет 9%, в рекреационной – 17%.

ВЫВОДЫ

1. Альгофлора почв г. Кирова достаточно разнообразна и представлена 141 видом, относящимся к 6 отделам (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Xanthophyta, Eustigmatophyta, Chlorophyta и Euglenophyta), 9 классам, 25 порядкам, 44 семействам, 62 родам. Основу альгофлоры составляют представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta. Толерантность к техногенной нагрузке проявляют: *Phormidium boryanum*, *Ph. autumnale*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Microcoleus vaginatus* (Cyanobacteria); *Stichococcus minor*, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas gloeogama* (Chlorophyta); *Hantzschia amphioxys*, *Navicula mutica*, *N. nivalis*, *N. pelliculosa* (Bacillariophyta). Экологический анализ альгофлоры по жизненным формам указал на преобладание в рекреационной зоне водорослей X-, Ch- и P-форм, а в промышленной и транспортной зонах – P, Ch, и B-форм.

2. Наблюдается сходство альгофлоры почв промышленной, транспортной и селитебной зон г. Кирова. В альгогруппировках доминируют представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta. По уменьшению видового разнообразия фототрофов исследуемые функциональные зоны города располагаются в следующем порядке: рекреационная зона – промышленная зона – транспортная зона – селитебная зона.

3. Сравнительный анализ видового состава альгофлор выявляет наличие одного кластера, включающего альгофлоры промышленной, транспортной и селитебной зон г. Кирова. Максимальный уровень сходства внутри данного кластера ($K_{sc} = 0,7$) обнаруживают альгофлоры промышленной и транспортной зон. Сравнительный анализ с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена показал, что самыми близкими по флористическим спектрам оказались альгофлоры селитебной и транспортной зон ($\rho_s = 0,97$), а также транспортной и промышленной зон ($\rho_s = 0,96$). В наименьшей степени сходны между собой альгофлоры промышленной и рекреационной зон ($\rho_s = 0,41$).

4. Численность фототрофов в почвах города находится в пределах от 0,3 до 11,3 млн. клеток/г почвы. Плотность популяций водорослей и цианобактерий при «цветении» почв составляет от 7 до 194 млн. клеток/см² почвы, доминируют цианобактерии, составляя 79-98% их численности. Видовой состав и численность фототрофов при «цветении» городских почв

является информативной характеристикой их экологического состояния. 5. Экологическая оценка почв методами биотестирования показала, что по индексу токсичности почва в ряде районов промышленной зоны является сверхтоксичной по тестированию с помощью цианобактерии *Nostoc muscorum*. Наиболее чувствительными к антропогенному загрязнению городских почв являются бактерии тест-системы «Эколюм». Высокие индексы токсичности выявлены для почв городских перекрестков с интенсивной автотранспортной нагрузкой, что подтверждается результатами химического анализа. Валовые концентрации тяжелых металлов не превышают ОДК, однако содержание подвижных соединений довольно высокое: Zn – до 3 ПДК, Cu – до 2,6 ПДК, Ni – до 1,6 ПДК, Pb – до 1,2 ПДК. Содержание нефтепродуктов превышает фоновое значение более чем в 1,5 раза.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

- 1. Ефремова, В. А.** Специфика «цветения» почвы в техногенных зонах города (на примере г. Кирова) / В. А. Ефремова, Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, Т. С. Елькина // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 2. С. 82–86.
- 2. Ефремова, В. А.** Эколого-таксономическая структура альгогруппировок почв г. Кирова / В. А. Ефремова, Л. В. Кондакова // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 2. С. 61–67.
- 3. Ефремова, В. А.** Химико-биологическая оценка состояния городских почв / В. А. Ефремова, Е. В. Дабах, Л. В. Кондакова // Сибирский экологический журнал. 2013. № 5. С. 741–750.

Статьи и материалы в других изданиях:

- 4. Монография:** Альго-циано-микологические комплексы городских почв / Л. И. Домрачева, Л. В. Кондакова, Ю. Н. Зыкова, **В. А. Ефремова** // Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. С. 120–169.
- 5. Висич, В. А.** Альгофлора городских почв / **В. А. Висич**, Л. В. Кондакова // Экология родного края – проблемы и пути их решения. Матер. третьей областной научно-практической конференции молодежи. – Киров, 2008. С. 136 – 137.
- 6. Висич, В. А.** Почвенные водоросли городских территорий / **В. А. Висич**, Л. В. Кондакова // Экология родного края – проблемы и пути их решения. Матер. четвертой областной научно-практической конференции молодежи. – Киров, 2009. С. 75 – 76.
- 7. Висич, В. А.** Сообщества почвенных водорослей территорий города Кирова / **В. А. Висич** // Ломоносов – 2009: Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых; тез. докладов. – М.: МАКС Пресс, 2009. – С. 149.
- 8. Висич, В. А.** Альгофлора почв г. Кирова / **В. А. Висич** // Матер. XLVII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-

технической прогресс»: Биология. Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2009. – С. 52.

9.Висич, В. А. Сообщества водорослей почв г. Кирова / **В. А. Висич**, Л. В. Кондакова // Экология родного края – проблемы и пути их решения. Матер. Всероссийской научно-практической конференции молодежи. – Киров: ООО «Лобань», 2010. – С. 73–75.

10.Висич, В. А. Сообщества водорослей городских почв / **В. А. Висич** // Матер. XLVIII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технической прогресс»: Биология. Новосиб. гос. ун-т. –Новосибирск, 2010. – С. 79.

11.Кондакова, Л. В. Флора почвенных водорослей г. Кирова / Л. В. Кондакова, **В. А. Висич** // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Матер. Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной, 11-15 октября 2010 г. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – С. 177–182.

12.Фокина, А. И. Содержание нефтепродуктов в почвах г. Кирова / А. И. Фокина, **В. А. Висич**, А. А. Дымова, Е. И. Лялина, Е. С. Морозова, А. С. Олькова // Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации: Сб. матер. VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2 частях. Часть 2. – Киров: ООО «Лобань», 2010. – С. 129–133.

13.Висич, В. А. Оценка интегральной токсичности почв урбанизированных территорий в острых и хронических экспериментах / **В. А. Висич**, А. С. Олькова // Экологические проблемы промышленных городов. Сборник научных трудов. Часть 1. – Саратов. Изд-во СГТУ, 2011. – С.36–38.

14.Висич, В. А. Оценка состояния почв г. Кирова методами биотестирования / **В. А. Висич**, А. С. Олькова // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Матер. Всероссийской молодежной научно-практической конференции молодежи. – Киров: ООО «Лобань», 2011. – С. 203–205.

15.Ефремова, В. А. Качественные и количественные характеристики «цветения» почв в районах промышленных предприятий г. Кирова / **В. А. Ефремова**, Л. В. Кондакова // Биологический мониторинг природно-техногенных систем: Сб. матер. Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в 2 частях. Часть 1. – Киров: ООО «Лобань», 2011. – С. 174–177.

16.Ефремова, В. А. Особенности почвенных альгоценозов в районах промышленных предприятий г. Кирова / **В. А. Ефремова**, Л. В. Кондакова // Актуальные проблемы биологии и экологии: Матер. докладов XIX Всероссийской молодежной научной конференции (Сыктывкар, Республика Коми, 2-6 апреля, 2012). – Сыктывкар, 2012. – С. 128–130.

17.Ефремова, В. А. Специфика почвенных альгоценозов в промышленной зоне г. Кирова / **В. А. Ефремова** // Матер. 50-й Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технической прогресс»: Биология. Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 2012. – С. 51.

- 18.Ефремова, В. А.** Влияние автомагистралей на почвенные водоросли урбанизированных территорий / **В. А. Ефремова**, Л. В. Кондакова // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Матер. Всероссийской молодежной научно-практической конференции молодежи с международным участием. Книга 1. – Киров: ООО «Лобань», 2012. – С. 34–36.
- 19.Ефремова, В. А.** Оценка биологической токсичности городских почв с использованием цианобактерий рода *Nostoc* / **В. А. Ефремова**, Т. С. Елькина, Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Матер. Всероссийской молодежной научно-практической конференции молодежи с международным участием. Книга 1. – Киров: ООО «Лобань», 2012. – С. 31–33.
20. Домрачева, Л. И. Биотестирования с использованием цианобактерий / Л. И. Домрачева, Л. В. Кондакова, Т. С. Елькина, **В. А. Ефремова**, Г. И. Березин, С. С. Злобин, А. Р. Гайфутдинова // Адаптационные реакции живых систем на стрессорные воздействия: Матер. Всероссийской молодежной конференции (Доклады. Лекции. Практические занятия). – Киров: ООО «Лобань», 2012. – С. 171 – 183.
21. Кондакова, Л. В. Самоорганизация биопленок *Nostoc commune* – фактор выживания в условиях стресса / Л. В. Кондакова, Л. И. Домрачева, А. И. Фокина, В. А. Ефремова // Актуальные проблемы современной альгологии: Тезисы докладов IV Международной конференции. – Киев, 2012. – С. 143–144.
- 22. Ефремова, В. А.** Почвенные водоросли транспортной зоны г. Кирова / **В. А. Ефремова**, Л. В. Кондакова // Тезисы докладов II (X) Международной Ботанической Конференции молодых ученых в Санкт-Петербурге 11-16 ноября 2012 года. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. – С. 34–35.
- 23.Ефремова, В. А.** Сезонная динамика почвенных водорослей городских территорий / **В. А. Ефремова**, Л. В. Кондакова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Матер. X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 4-5 декабря 2012 г.). – Киров: ООО «Лобань», 2012. – С. 147–150.
- 24.Ефремова, В. А.** Особенности альгофлоры почв г. Кирова / **В. А. Ефремова**, Л. В. Кондакова // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. Всероссийской научно-практической конференции-выставки экологических проектов с международным участием. (г. Киров, 18-20 апреля 2013 г.). – Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. – С. 147–150.
- 25.Ефремова, В. А.** Почвенные водоросли рекреационной зоны г. Кирова / **В. А. Ефремова**, Л. В. Кондакова, А. А. Коробов // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. Всероссийской научно-практической конференции-выставки экологических проектов с международным участием. (г. Киров, 18-20 апреля 2013 г.). – Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. – С. 153–156.