

На правах рукописи



Забелина Ольга Николаевна

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ
ГОРОДСКИХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВАНИИ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
(НА ПРИМЕРЕ Г. ВЛАДИМИРА)**

Специальность 03.02.08 – экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владимир - 2014

Работа выполнена на кафедре биологии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ).

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор Трифонова Татьяна Анатольевна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО Московский
государственный университет имени
М.В.Ломоносова, факультет
почвоведения, профессор кафедры
эрозии и охраны почв

Демидов Валерий Витальевич

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, ГНУ Владимирский
научно-исследовательский
институт сельского хозяйства,
заместитель директора по науке

Зинченко Сергей Иванович

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный университет»

Защита состоится 19 декабря 2014 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, ауд. 335.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте diss.vlsu.ru.

Автореферат разослан ____ _____ 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



О.Н. Саخنo

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В современном мире все интенсивнее становятся процессы урбанизации. Компоненты окружающей среды на урбанизированных территориях испытывают сильное техногенное давление. Особого внимания требует состояние почвы городских территорий, так как влияние транспорта, промышленности, процессов строительства оказывает постоянную нагрузку на почвенную систему, что приводит к изменению практически всех ее компонентов, начиная с агрохимических и физических свойств и заканчивая микробиологическими и биохимическими показателями, лишая почвенный покров в городах способности выполнять важные экологические функции. Биологическая активность почвы под влиянием антропогенного воздействия изменяется в первую очередь, поэтому ее показатели считаются многими исследователями наиболее чувствительными к загрязнению (Гельцер, 1990; Рубенчик, 1972; Скворцова и др., 1990).

В городских ландшафтах важное для населения место занимают территории, занятые зелеными насаждениями – скверы, парки, бульвары. Такие рекреационные территории при разумной их эксплуатации играют значимую роль в оздоровлении окружающей среды (Габбасова, Афзалов, 2006; Фомина, 2012). Комплексных исследований с целью оценки состояния почвы рекреационных территорий г. Владимира ранее не проводилось, тем более не изученными остаются характер и степень влияния процессов урбанизации на показатели биологической активности почвы указанных зон, в связи с чем, проведенные исследования представляются особенно актуальными.

Цель исследований – оценить экологическое состояние почвы городских рекреационных зон на основании показателей биологической активности.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Исследовать загрязнение почвы рекреационных зон г. Владимира тяжелыми металлами и нефтепродуктами.
2. Изучить пространственную изменчивость биологической активности почвы рекреационных территорий при антропогенном воздействии.
3. Оценить характер и степень влияния содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почве на ее биологическую активность.
4. Оценить пригодность различных показателей биологической активности почвы с точки зрения целесообразности их использования для биодиагностики состояния городских почв, характеризующихся малым уровнем загрязнения.
5. Оценить состояние почвы рекреационных территорий г. Владимира на основании интегрального эколого-биологического показателя.

Научная новизна работы. Впервые для г. Владимира был проведен комплексный анализ пространственно-временной динамики накопления тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвенном покрове рекреационных территорий, выявлены закономерности изменений показателей ферментативной и микробиологической активности почвы рекреационных зон на различных глубинах.

Практическая значимость работы. Результаты исследования можно использовать при биомониторинге и биодиагностике состояния почвы урбанизированных территорий, при оценке воздействия на окружающую среду, планировании землепользования, в других природоохранных и производственных мероприятиях. Кроме того, результаты исследования используются в учебном процессе во Владимирском государственном университете им. А.Г. и Н.Г. Столетовых при преподавании дисциплин «Экология», «Экология микроорганизмов», «Экология растений и животных».

Основные защищаемые положения:

- в условиях антропогенного воздействия отмечается трансформация почвы исследованных территорий в метаболическом аспекте, в том числе по прогрессивному типу для ряда показателей: уреазная активность, целлюлозолитическая активность, обилие микроорганизмов рода *Azotobacter*;
- загрязнение почвы тяжелыми металлами отражается на ее биологической активности: концентрация тяжелых металлов в почве выше фоновых значений стимулирует уреазную активность; повышенное по сравнению с фоном содержание отдельных тяжелых металлов (Co, Mn, Ni) вызывает рост активности каталазы в почве, этот эффект наиболее выражен при нейтральной реакции среды;
- присутствующие в почве исследованных зон нефтепродукты оказывают угнетающее воздействие на интенсивность процесса нитрификации; по мере роста концентрации нефтепродуктов в почве отмечается нарастание уреазной активности, а также увеличение обилия азотобактера;
- наиболее информативными и чувствительными к химическому загрязнению почвы показателями биологической активности следует считать активность почвенных ферментов: уреазы и каталазы;
- наиболее выражены изменения биологической активности почвы в скверах и бульварах, так как рекреационные зоны небольшой площади обладают меньшей средозащитной способностью, следовательно, более чувствительны к загрязнению и антропогенному давлению, тогда как биологическая активность почв парковых зон более стабильна.

Достоверность результатов работы подтверждается корректностью методов исследования, анализом воспроизводимости результатов с применением статистических программных комплексов; исследования осуществлялись с использованием сертифицированного оборудования.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены на 3-ей Всероссийской конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование», г. Петропавловск-Камчатский, 2012 г., на 6-ой и 7-ой Международных научно-практических конференциях «Экология речных бассейнов», г. Владимир, 2011 г., 2013 г., на 3-ей и 4-ой Международных конференциях «Экология регионов», г. Владимир, 2010 г., 2012 г., на Международной конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании' 2011», г. Одесса, 2011 г., на Международной конференции «Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред», г. Москва, 2013 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 146 стр., содержит 25 табл., 22 рис. и состоит из введения, трех глав (литературный обзор, объекты и методы исследования, результаты исследований и их обсуждение), заключения. Список литературы включает 193 источника, в том числе 18 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д.б.н., профессору Татьяне Анатольевне Трифионовой за постоянное внимание к работе, ценные советы и рекомендации. Автор признателен за поддержку и методическую помощь к.б.н., доценту Ольге Николаевне Сахно, также благодарен всем сотрудникам кафедры биологии и экологии ВлГУ за помощь, оказанную в работе.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

Глава 1. Литературный обзор

В главе проведен обзор и анализ отечественных и зарубежных работ, касающихся экологической роли почвы, в том числе на городских территориях (Добровольский и др., 1998; Глебова и др., 2000; Мамонтов и др., 2006; Lehmann, 2007). Представлена характеристика загрязнений, поступающих в почву от различных источников, рассмотрены отличия в свойствах естественных почв и урбаноземов. Приведена информация об особенностях формирования и функционирования городского почвенного покрова, а также классификация городских почв (Агаркова и др., 1994;

Юркова и др., 2008; Муха, 2004; Мартыненко и др., 2008; Попутников, 2010; Синцов и др., 2011; Капралова, 2011; Владимиров, 1999; Герасимова и др., 2003; Стома, 2001; Строганова, 1998). Рассматриваются методы оценки качества и экологического состояния почвы с использованием показателей биологической активности. В отечественных (Кириенко, Имранова, 2008; Терехова, 2007; Новоселова, Тухватуллина, 2009; Илюшкина, 2004; Курманбаев и др., 2007) и зарубежных (Zimdahl, 1979; Badiane, 2001; Harbhajan, 2005) работах отмечается возможность использования биологических параметров почвы как показателя ее экологического состояния. В главе проведен анализ характера влияния различных видов загрязнения на биологические и биохимические свойства почвы.

Глава 2. Объекты и методы исследования

Объект исследования – почвы рекреационных территорий города Владимира (рис. 1).



1. Парк «Добросельский»; 2. Парк «Центральный»; 3. Парк «Детский»;
4. Лесопарк «Дружба»; 5. Сквер, ул. 850-летия; 6. Сквер, ул. Никитская;
7. Сквер, ул. Добросельская; 8. Сквер, ул. Чайковского;
9. Бульвар, пр-т Строителей; 10. Памятник природы.

Рисунок 1. Карта-схема г. Владимира с местами отбора проб

Древесная и кустарниковая растительность исследованных зон сходная, преобладающими породами являются липа мелколистная, клен остролистный, береза повислая, рябина, ели, лиственницы, кизильник, сирень. Почвы, выбранные объектом исследования, по своим характеристикам соответствуют серым лесным. Отбор образцов почвы был

осуществлен по ГОСТ 14.4.4.02.84 с глубины 0-10 см, 10-20 см, 20-40 см, присутствовал поверхностный органо-минеральный горизонт урбик мощностью 8-12 см, профиль исследованных почв частично нарушен, обнаружены включения бытового характера (битое стекло, строительный мусор, полиэтиленовые пакеты и пр.). Почвы рекреационных территорий города классификационно отнесены к антропогенно-поверхностнопреобразованным, или – урбопочвам (Строганова, 1998).

Нами оценивались следующие агрохимические показатели почвы: актуальная кислотность (потенциометрически с использованием универсального иономера «Эксперт-001»), гидролитическая кислотность почвы по Каппену и углерод органических соединений почвы по Тюрину (Практикум по агрохимии, 2001), содержание обменного аммония (фотометрически по окраске комплекса с реактивом Несслера на фотометре КФК-3 (ПНД Ф 14.1:2.1-95)), плотность и полевая влажность почвы (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Для оценки биологической активности почвы определяли: каталазную активность перманганатометрическим методом Джонсона и Темпле (Практикум по агрохимии, 2001), уреазную активность экспресс-методом по Т.В. Аристовской и М.В. Чугуновой (Аристовская, Чугунова, 1989), целлюлозолитическую активность аппликационным методом в чашках Петри путем учета остаточного количества нерасщепленной целлюлозы (Хазиев, 2005), активность роста азотфиксирующих бактерий *Azotobacter chroococcum* путем выделения их из почвы на безазотистой среде Эшби (Практикум по микробиологии, 2005), интенсивность нитрификации по концентрации нитрат-ионов в почве после 30-дневной экспозиции (Практикум по микробиологии, 2004), концентрацию нитратов определяли потенциометрически по ГОСТ 26951-86.

Измерение валового содержания тяжелых металлов в образцах почвы осуществляли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре серии «Спектроскан Макс G» (Методика выполнения..., 2002). Массовая доля нефтепродуктов в почве была измерена флуориметрическим методом по ПНДФ 16.1.21-98.

Для определения интегральной токсичности почвы использовали специализированные микробные сенсоры «Эколюм» (препарат лиофилизированных люминесцентных бактерий) и прибор экологического контроля «Биотокс-10М» (ПНДФ Т 14.1:2:3:4.11-04).

Для оценки реакции почвы на загрязнение использовали интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) (Вальков и др., 2001). В данной работе при расчете ИПБС использовались следующие биологические параметры: интенсивность обрастания почвенных комочков бактериями рода *Azotobacter chroococcum*, уреазная и каталазная активность почвы, интенсивность нитрификации, интегральная токсич-

ность почвы. За 100 % принимали значение каждого показателя в незагрязненной почве и по отношению к нему в процентах выражали значение этого же показателя в пробах загрязненной почвы. Далее вычисляли среднее значение выбранных показателей для каждого варианта. Интегральный показатель биологического состояния позволяет соотнести относительные значения различных показателей, абсолютные значения которых с трудом могут подвергаться сравнению.

Для обработки полученных результатов анализов применялся пакет прикладных программ Microsoft Excel и Statistica 8.0.

Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение

Агрохимические свойства почвы рекреационных территорий г. Владимира

Результаты анализа агрохимических свойств почвы рекреационных территорий г. Владимира представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Агрохимические свойства почвы рекреационных территорий г. Владимира (глубина отбора – 0-10 см)

№ п/п	Место отбора почвенных проб	pHвод.	Нг., мг·экв/100 г почвы	Сорг., %	N-NH ₄ , мг/100 г почвы	N-NO ₃ , мг/100 г почвы
1	Парк «Центральный»	7,45 ±0,11	1,97 ±0,04	2,13 ±0,03	1,56 ±0,05	3,47 ±0,02
2		7,15 ±0,10	2,42 ±0,04	2,10 ±0,04	2,19 ±0,05	4,82 ±0,05
3	Парк «Добросельский»	7,52 ±0,12	2,53 ±0,05	1,99 ±0,03	2,40 ±0,04	3,73 ±0,03
4		7,35 ±0,10	2,66 ±0,06	2,50 ±0,05	1,68 ±0,05	4,32 ±0,03
5	Лесопарк «Дружба»	6,97 ±0,06	2,77 ±0,05	1,50 ±0,04	2,10 ±0,03	8,06 ±0,05
6	Сквер, ул. Никитская	7,20 ±0,11	1,95 ±0,05	1,19 ±0,02	3,02 ±0,03	4,13 ±0,04
7	Сквер, ул. 850-летия	6,80 ±0,06	1,93 ±0,03	1,84 ±0,02	2,60 ±0,03	2,13 ±0,03
8	Бульвар (пр-т Строителей)	7,70 ±0,10	1,34 ±0,03	2,06 ±0,02	4,65 ±0,02	2,91 ±0,03
9	Лес (контроль)	6,04 ±0,05	1,03 ±0,03	1,65 ±0,04	1,23 ±0,02	3,45 ±0,03

По гранулометрическому составу исследованные почвы характеризуются как легкие и средние суглинки, их структура изменяется от зернистой до комковатой. Для почвы рекреационных территорий обнаруживается смещение значений актуальной кислотности в щелочную

сторону, тогда как незагрязненные серые лесные почвы характеризуются слабокислой реакцией. По результатам анализа содержания нитратного и аммонийного азота установлено обогащение почвы рекреационных территорий минеральными формами азота, вероятно, за счет более высокого содержания органики вследствие загрязнения бытовым мусором, выгула собак и т.д. Содержание углерода органических соединений в почве исследованных зон в основном превышает таковое в зональных серых лесных почвах, что может объясняться загрязнением почвы в городских условиях.

Загрязнение почвенного покрова рекреационных территорий г. Владимира тяжелыми металлами и нефтепродуктами

В почву городских рекреационных территорий тяжелые металлы могут попадать из атмосферы в виде аэрозолей, входящих в состав выбросов промышленных предприятий, а также с дождем и снегом. Источником, вносящим большой вклад в загрязнение почвы тяжелыми металлами, также является дорожно-транспортный комплекс.

Из числа тяжелых металлов основными поллютантами почвы исследованных рекреационных территорий являются свинец и цинк, превышение от общего количества проб к верхней оценке границы концентрации для указанных металлов составляет 40,4 % и 55,3 %, соответственно. Превышение предельно допустимой концентрации марганца в почве зарегистрировано в 10,6 % проб, кобальта – в 12,8 %. Содержание хрома и никеля в исследованных образцах почвы было выше фонового по области, но не превышало установленных значений предельно допустимой концентрации.

Почвы всех исследованных парков характеризуются допустимым уровнем загрязнения тяжелыми металлами ($Z_c < 16$). Для парковых территорий выявлена корреляция между распределением в почве свинца и мышьяка (рис. 2), стронция и меди, а также никеля и хрома. При выяснении специфики распределения тяжелых металлов в почвенном профиле было обнаружено уменьшение содержания свинца, цинка по профилю, а также увеличение содержания кобальта, марганца.

По хрому наблюдалось уменьшение содержания по профилю в почвах парка «Центральный» и лесопарка «Дружба», в то время как в почве парка «Добросельский» отмечено увеличение его концентрации по профилю.

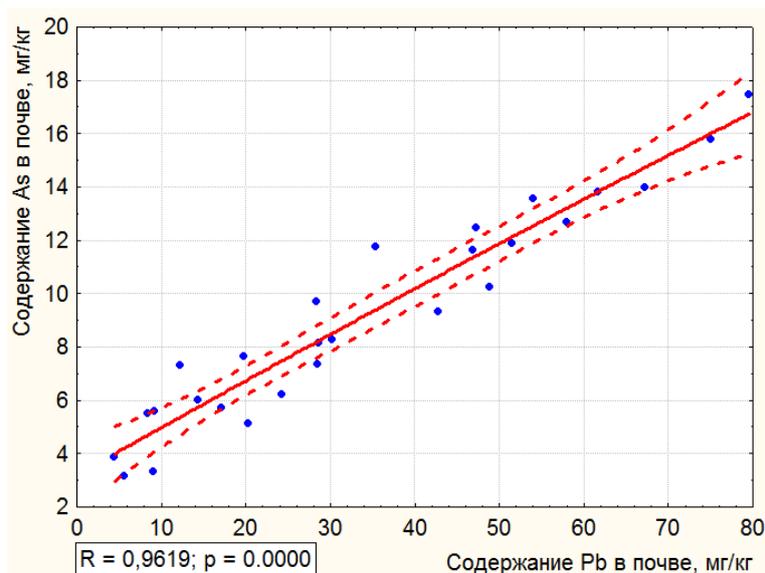


Рисунок 2. Зависимость между содержанием тяжелых металлов в почве рекреационных зон г. Владимира

Почвы небольших по площади рекреационных территорий (скверы, бульвар) также характеризуются допустимым уровнем загрязнения тяжелыми металлами, хотя и более высоким по сравнению с уровнем загрязнения почвы парков и лесопарка. В почвах скверов и бульваров минимальное и максимальное содержание большинства тяжелых металлов выше, чем в парковых почвах, также как и среднее содержание цинка и свинца (рис. 3).

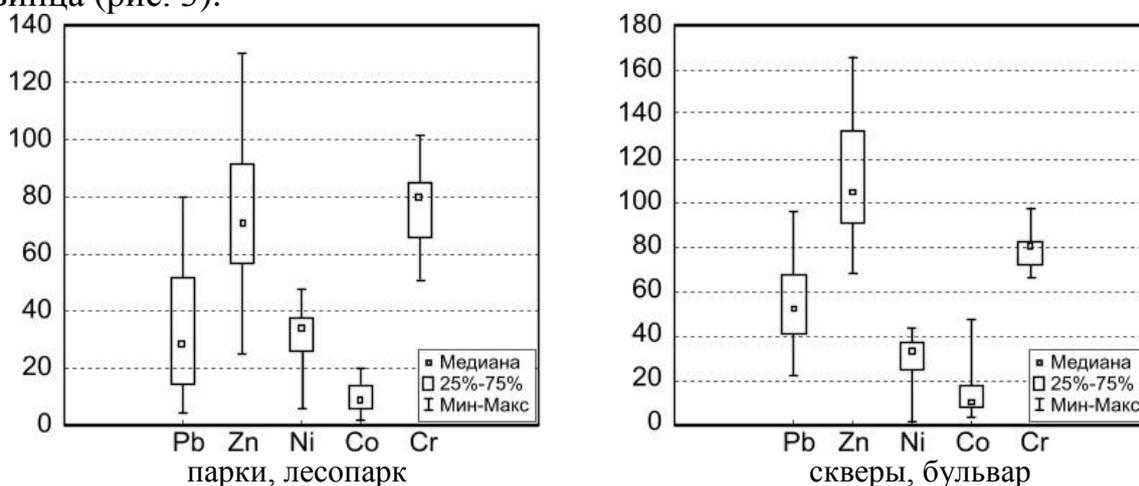
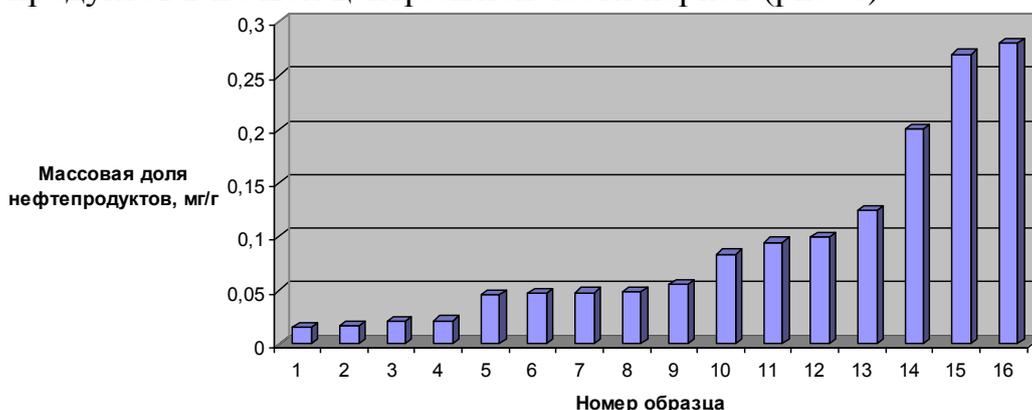


Рисунок 3. Содержание тяжелых металлов в почвах рекреационных территорий, мг/кг

В целом, как в почвах парков, так и в почвах скверов г. Владимира содержание тяжелых металлов превышает фоновый уровень, что можно объяснить техногенной нагрузкой, испытываемой почвенным покровом в условиях крупного города.

Основным источником загрязнения почв рекреационных территорий г. Владимира нефтепродуктами является разветвленная сеть автотранспортных магистралей. Исследования показали, что в почвах скверов, бульваров и прочих небольших по площади рекреационных зон города (менее 1 га) массовая доля нефтепродуктов в 2-2,5 раза выше, чем в окраинных зонах крупных парков, и в 5-12 раз выше массовой доли нефтепродуктов в почвах центральной части парков (рис. 4).



*№ 1-9 – центральные зоны парков, № 10-12 – окраинные зоны парков,
№ 13-15 – территория скверов, № 16 - бульвар*

Рисунок 4. Массовая доля нефтепродуктов в почвах рекреационных зон г. Владимира (глубина отбора – 0-10 см)

В ходе работы выяснено, что степень загрязнения нефтепродуктами почвы парков г. Владимира можно оценивать как фоновое загрязнение (концентрация нефтепродуктов менее 0,1 мг/г), загрязнение почвы скверов характеризуется как повышенный фон (концентрация нефтепродуктов 0,1-0,5 мг/г) (Пиковский, 1993). Нефтепродукты в указанных количествах могут быть активно утилизированы микроорганизмами или вымываться дождевыми потоками без вмешательства человека.

Особенности биологической активности почвы городских рекреационных территорий

Параметры биологической активности почвы рекреационных зон показали пространственную вариабельность. Была исследована целлюлозолитическая активность почвы, так как процесс распада клетчатки, осуществляемый микроорганизмами, является одним из важнейших показателей плодородия почвы, определяющий уровень ее биогенности (Минеев, 2001). При оценке целлюлозолитической активности использовали шкалу, предложенную Д.Г. Звягинцевым по интенсивности разрушения клетчатки (% разложившегося полотна): очень слабая < 10 %, слабая – 10-30 %, средняя – 30-50%, сильная – 50-80 %, очень сильная > 80 % (Звягинцев, 1980). Большая часть изученных почвенных образцов характеризовалась слабой целлюлозолитической активностью, тогда как

для фоновых серых лесных почв Владимирской области характерна очень слабая целлюлозолитическая активность. Другими исследователями также отмечалось, что в условиях города часто наблюдается повышение уровня целлюлозолитической активности, что связывают с накоплением тяжелых металлов в городских почвах (Рылова, 2005; Владыченский, 2013). Тяжелые металлы при повышенном их содержании в почве играют роль микроэлементов, стимулируя процесс разложения целлюлозы. Активность разложения целлюлозы в исследованных почвенных образцах уменьшалась по профилю (табл. 2).

Таблица 2.

Динамика пространственного изменения потенциальной целлюлозолитической активности почвы рекреационных территорий г. Владимира

Места отбора проб	Целлюлозолитическая активность (изменение веса целлюлозных материалов) на глубине отбора 0-10 см, %	Целлюлозолитическая активность (изменение веса целлюлозных материалов) на глубине отбора 10-20 см, %
Парк «Центральный»	22-30	11-18
Парк «Добросельский»	60-63	19-29
Лесопарк «Дружба»	26-28	8-10
Бульвар, пр-т Строителей	10-12	20-22
Сквер, ул. 850-летия	30-32	11-13
Сквер, ул. Никитская	29-30	4-8
Лес (контроль)	23-24	6-7

Каталазная активность почв исследованных рекреационных зон уменьшалась по профилю в большинстве изученных образцов (табл. 3). Значения этого показателя демонстрировали пространственную вариабельность, но в целом обнаруживали колебания в пределах 0,15-0,47 мл KMnO_4 / 1 г почвы за 20 мин.

В качестве показателя уреазной активности рассматривалась величина времени увеличения щелочности паров, находящихся в равновесии с почвой в присутствии мочевины, за которое рН увеличивается на 2,0. Время разложения карбамида в верхнем слое почвы скверов составляло около 2 часов, что характеризует уреазную активность как высокую, учитывая, что в контрольных образцах время разложения мочевины составляло 7-13 часов (табл. 3). В почвах крупных парков активность разложения карбамида в верхнем слое почвы варьировалась в пределах 2-4 часов. Отмечалось снижение уреазной активности по профилю. Многие исследователи рассматривают уреазную активность как показатель самоочищающей способности почвы (Напрасникова, 2005; Щемелинина, 2008), поэтому более высокая скорость разложения мочевины в исследованных образцах, по сравнению с контрольными,

говорит о потенциальной способности почв рекреационных зон к самоочищению. В образцах почвы крупных парков рост азотфиксатора *Azotobacter chroococcum* был низким или не наблюдался совсем (табл. 3), то есть парки, особенно в центральной своей части, функционируют как естественные почвенно-растительные комплексы области, так как в неокультуренных серых лесных почвах Владимирского региона азотобактер не обнаруживается. В почвах скверов и бульвара отмечался более активный рост данного азотфиксатора, что может быть связано с некоторым их загрязнением нефтепродуктами, которые могут выступать источником легко усваиваемых углеводов для *Azotobacter chroococcum* (Илюшкина, 2004; Усачева, 2012). Изучение интенсивности нитрификации показало, что почвы скверов характеризуются меньшей активностью процесса нитрификации по сравнению с почвами парковых зон (табл. 3), занятых крупными массивами зеленых насаждений. Высокая интенсивность нитрификации в парковых почвах свидетельствуют о завершении переработки продуктов распада органических соединений и активно идущем процессе самоочищения. Отмечалось снижение активности нитрификации по профилю.

Таблица 3.

Динамика показателей биологической активности почвенного покрова рекреационных территорий (г. Владимир)

№ п/п	Глубина отбора проб, см	Тип территории	Количество нитратов после 30-дневной экспозиции, мг/100 г почвы	Каталазная активность почвы, мл КМnO ₄ / 1 г почвы за 20 мин	Уреазная активность (время разложения карбамида), ч.	Обилие азотфиксатора, % обрастания почвенных комочков
1	0-10	Парк	8,70±0,1	0,41±0,02	2	14
2	10-20		3,10±0,09	0,28±0,02	4	8
3	20-40		1,80±0,09	0,19±0,01	5,5	6
4	0-10		9,80±0,11	0,32±0,01	4	4
5	10-20		6,20±0,08	0,19±0,01	5,5	0
6	0-10		11,30±0,1	0,29±0,02	4	8
7	10-20		7,20±0,09	0,18±0,01	4	0
8	20-40		5,10±0,09	0,15±0,01	10	0
9	0-10	Сквер	6,60±0,07	0,47±0,03	2	100
10	10-20		3,50±0,07	0,46±0,03	3	100
11	0-10		5,40±0,08	0,36±0,02	2	100
12	10-20		2,40±0,07	0,21±0,01	4	31
13	0-10	Бульвар	5,70±0,08	0,47±0,03	2	100
14	10-20		2,60±0,06	0,44±0,02	5	85
15	0-10	Лес	15,10±0,09	0,35±0,02	7	0
16	10-20		2,80±0,05	0,24±0,02	13	0

Анализ возможности использования биологических показателей в диагностике состояния почвы рекреационных зон

В ходе исследования были составлены математические уравнения зависимостей, свидетельствующие о влиянии на показатели биологической активности почвы отдельных ее агрохимических свойств, а также уровня загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Для этого был проведен регрессионный анализ на основании нормированных данных, позволяющий охватить весь массив полученных значений биологических и химических показателей. С помощью метода множественной пошаговой регрессии была выявлена нелинейная связь между активностью уреазы и содержанием тяжелых металлов и нефтепродуктов в почве. Параметры многокомпонентной регрессионной модели нелинейной зависимости уреазной активности от содержания загрязнителей в почве приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Параметры многокомпонентной регрессионной модели нелинейной зависимости уреазной активности от содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почве

Коэффициент модели	Значение коэффициента	Стандартное отклонение	Значимость
β_0	3,899	0,849	0,00019
β_1	-1,568	0,242	0,000003
β_2	-0,286	0,085	0,0033
β_3	0,110	0,053	0,0490

Полученное уравнение имело следующий вид:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln X_1 + \beta_2 \cdot \ln X_1 \cdot \ln X_2 + \beta_3 \cdot \ln^2 X_1, \quad (3.1)$$

где Y – уреазная активность почвы, ч.; X_1 – значение суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами (Zc_i); X_2 – содержание нефтепродуктов в почве (Cn_i), мг/г.

В качестве показателя уреазной активности рассматривалась величина времени увеличения щелочности паров, находящихся в равновесии с почвой в присутствии мочевины. Оценку связи вариации значений показателей биологической активности с уровнем загрязнения почвы и ее агрохимическими свойствами осуществляли по шкале Дворецкого по значению коэффициента детерминации (R^2): $R^2 < 0,3$ – слабая связь, $R^2 = 0,31-0,5$ – умеренная связь, $R^2 = 0,51-0,7$ – значительная связь, $R^2 = 0,71-0,9$ – тесная связь, $R^2 > 0,9$ – очень тесная связь. Связь между значениями, принимаемыми уреазной активностью, и суммарным показателем загрязнения почв тяжелыми металлами и массовой долей нефтепродуктов оценивается по Дворецкому как тесная ($R^2 = 0,78$). Уравнение (3.1) показывает, что с увеличением содержания нефтепродук-

тов и тяжелых металлов в почве происходит более интенсивное разложение мочевины, то есть уреазная активность повышается.

Многофакторный регрессионный анализ мониторинговых данных почв рекреационных территорий г. Владимира позволил получить уравнение, описывающее зависимость каталазной активности от актуальной кислотности почвы и содержания в почве тяжелых металлов. Уравнение имеет линейный вид и выглядит следующим образом:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_3 \cdot X_3 + \beta_4 \cdot X_4 + \beta_5 \cdot X_5, \quad (3.2)$$

где Y – каталазная активность, мл KMnO_4 / 1 г почвы за 20 мин.; X_1 – содержание никеля в почве, мг/кг; X_2 – актуальная кислотность почвы; X_3 – содержание марганца в почве, мг/кг; X_4 – содержание хрома в почве, мг/кг; X_5 – содержание кобальта в почве, мг/кг.

Коэффициенты математического уравнения зависимости представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Параметры многокомпонентной регрессионной модели зависимости каталазной активности от актуальной кислотности почвы и содержания в почве тяжелых металлов

Коэффициент модели	Значение коэффициента	Стандартное отклонение	Значимость
β_0	0,870	0,2	0,0004
β_1	0,011	0,0031	0,0029
β_2	-0,080	0,03	0,019
β_3	0,00011	0,00005	0,046
β_4	-0,007	0,0029	0,019
β_5	0,0061	0,0027	0,036

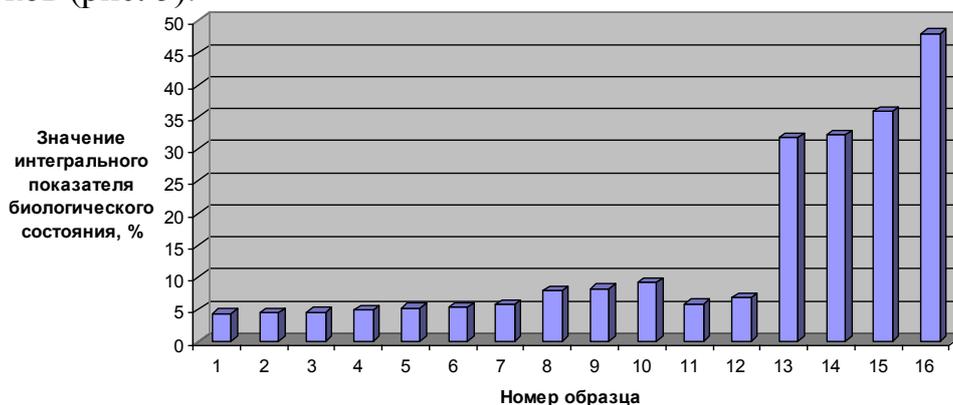
Уравнение (3.2) объясняет 72 % вариации значений каталазной активности (коэффициент детерминации $R^2 = 0,72$). Остальные 28 % изменчивости значений каталазной активности, вероятно, обусловлены действием иных факторов, не учитываемых в представленной модели. Линейная связь между значениями, принимаемыми каталазной активностью, и содержанием тяжелых металлов и $\text{pH}_{\text{вод}}$ оценивается по Дворецкому как тесная. Содержание нефтепродуктов в почве входило в число исходных предикторов в ходе анализа, но коэффициент для этого признака оказался статистически незначим, поэтому не был включен в уравнение. То есть, нефтепродукты в том количестве, в котором они присутствовали в исследованных образцах, не оказывают явного влияния на каталазную активность почвы.

Регрессионный анализ выявил степень влияния значений актуальной кислотности почвы и содержания в ней нефтепродуктов на показатель интенсивности процесса нитрификации. Зависимость оценивается по Дворецкому как значительная (коэффициент детерминации $R^2 = 0,57$),

выявленная связь между нитрифицирующей активностью и содержанием нефтепродуктов в почве менее тесная, чем ожидалось, что, вероятно, объясняется малой концентрацией в почвах рекреационных территорий города нефтепродуктов, а также влиянием на нитрифицирующую способность посторонних факторов, таких как агрохимические свойства, гранулометрический и механический состав почвы.

Оценка состояния почвы городских рекреационных территорий на основании интегрального показателя биологического состояния

Интегральный показатель эколого-биологического состояния почвы отражает уровень влияния загрязняющего вещества, либо их совокупности, на экологическое состояние почвы и ее биологическую активность. Оценка степени влияния загрязнения на биологические процессы в почве производилась по следующей шкале значений ИПБС: < 10 % – мало опасный уровень отклонения внеклеточных биопроцессов, 10-25 % – умеренно опасный, 25-30 % – опасный и > 50 % – очень опасный уровень (Федорец, 2009). В исследованных образцах почвы рекреационных территорий отклонение активности биопроцессов находилось на мало опасном уровне в 86 % проб, умеренно опасном – в 6 % проб, опасном – в 8 % проб. Причем это отклонение не всегда выражалось в снижении биологической активности, так, например, в случае с бактериями рода *Azotobacter*, наоборот, наблюдалось увеличение их обилия в антропогенно преобразованных почвах по сравнению с фоновыми. В пробах почвы скверов, бульвара и окраинных зон парков отклонение активности биологических процессов от таковой в незагрязненных почвах наибольшее, что объясняется более высоким уровнем загрязнения почвы рекреационных территорий, занятых небольшими по площади массивами зеленых насаждений, по сравнению с почвами центральной части парков и лесопарков (рис. 5).



№ 1-10 – территория парков, № 11 – территория памятника природы,
№ 12-14 – территория скверов, № 15,16 – бульвар

Рисунок 5. Значения ИПБС почвы рекреационных территорий различного типа (для г. Владимира)

В целом экологическое состояние почвы рекреационных территорий г. Владимира, оцененное на основании интегрального показателя биологического состояния, можно характеризовать как удовлетворительное. Следовательно, интенсивность деградиационных процессов для почвы рекреационных территорий города невелика, почва указанных зон способна выполнять свои экологические функции.

ВЫВОДЫ

1. Содержание тяжелых металлов в почве рекреационных территорий г. Владимира превышает фоновый уровень, установленный для Владимирской области. На исследованных территориях обнаружены локальные накопления отдельных элементов (Pb, Zn, Co, Mn) в концентрациях выше предельно допустимых. Приоритетными загрязнителями являются соединения свинца и цинка. Уровень загрязнения исследованных почв нефтепродуктами низкий.

2. Параметры биологической активности рекреационных зон города обнаруживают большую пространственную вариабельность, обусловленную преимущественно локальными особенностями почвы в точках отбора проб. В условиях антропогенного воздействия отмечается трансформация почвы исследованных территорий в метаболическом аспекте, в том числе по прогрессивному типу для ряда показателей: уреазная активность, целлюлозолитическая активность, обилие микроорганизмов рода *Azotobacter*.

3. Загрязнение почвы тяжелыми металлами отражается на ее биологической активности: концентрация тяжелых металлов в почве выше фоновых значений стимулирует уреазную активность; повышенное по сравнению с фоном содержание отдельных тяжелых металлов (Co, Mn, Ni) вызывает рост активности каталазы в почве, этот эффект наиболее выражен при нейтральной реакции среды.

4. Присутствующие в почве исследованных зон нефтепродукты оказывают угнетающее воздействие на интенсивность процесса нитрификации; по мере роста концентрации нефтепродуктов в почве отмечается нарастание уреазной активности, а также увеличение обилия азотобактера.

5. Используемые в работе показатели биологической активности продемонстрировали различную чувствительность к химическому загрязнению почвы. Наиболее информативными следует считать показатели активности почвенных ферментов: уреазы и каталазы.

6. Экологическое состояние почвы рекреационных территорий г. Владимира характеризуется как удовлетворительное, так как для подавляющего большинства исследованных проб почвы (86 %) уровень влияния загрязнения на биологическую активность оценивается как мало

опасный, то есть отклонение напряженности биопроцессов в почве от фоновой их активности незначительное.

7. Наиболее выражены изменения биологической активности почвы в скверах и бульварах, так как рекреационные зоны небольшой площади обладают меньшей средозащитной способностью, следовательно, более чувствительны к загрязнению и антропогенному давлению, тогда как биологическая активность почв парковых зон более стабильна.

Основные публикации по теме диссертации:

В изданиях из списка ВАК:

1. Забелина, О.Н. Экологическое состояние парково-рекреационных урбаноземов г. Владимира / О.Н. Забелина, Т.А. Трифонова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1 (8). – С.2140-2143.
2. Забелина, О.Н. Нитрифицирующая активность как показатель экологического состояния почвы городских рекреационных территорий / О.Н. Забелина, О.Н. Сахно, И.Д. Феоктистова, Т.А.Трифопова // Экология урбанизированных территорий. – 2013. – № 2. – С.130-134.
3. Забелина, О.Н. Ферментативная активность почвы природно-рекреационных ландшафтов урбанизированных территорий / О.Н. Забелина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12315> (дата обращения: 11.03.2014).
4. Трифонова, Т.А. Сравнительная оценка состояния городских почв по их биологической активности / Т.А. Трифонова, О.Н. Сахно, О.Н. Забелина, И.Д. Феоктистова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2014. – № 3. – С.23-27.

В других изданиях:

5. Забелина (Плеханова), О.Н. Микроорганизмы почвы и их взаимодействие с растениями / О.Н. Плеханова, О.Н. Сахно // Экология Владимирского региона: сборник материалов II Юбилейной научно-практической конференции. – Владимир: ВладимирПолиграф, 2008. – С. 103-108.
6. Забелина (Плеханова), О.Н. Использование показателей биологической активности почвы для оценки состояния урбаноземов в рекреационных зонах города Владимира / О.Н. Плеханова, О.Н. Сахно // Экология регионов: сборник материалов III Юбилейной Международной научно-практической конференции. – Владимир: ВООО ВОИ ПУ «Рост», 2010. – С.76-79.
7. Забелина (Плеханова), О.Н. Оценка состояния почв рекреационных зон города Владимира с использованием методов биологической

- диагностики / О.Н. Плеханова, О.Н. Сахно // Экология речных бассейнов: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. – Владимир: ВООО ВОИ ПУ «Рост», 2011. – С.153-156.
8. Забелина (Плеханова), О.Н. Оценка состояния урбаноземов г. Владимира на основе функциональных параметров биологической активности / О.Н. Плеханова // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2011: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Одесса: Черноморье, 2011. – Выпуск 4. Том 34. – С. 84-87.
 9. Забелина, О.Н. Оценка современного уровня загрязнения почв г. Владимира тяжелыми металлами / О.Н. Забелина, Т.А. Трифонова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2012. – С.146-148.
 10. Современные проблемы окружающей среды и пути их решения: монография (в соавторстве) / Под ред. А.В. Соловьева, Т.И. Хуснетдиновой. – М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2012. – С.45-48.
 11. Забелина, О.Н. Особенности применения показателей биологической активности в экологической оценке состояния городских почв / О.Н. Забелина, Т.А. Трифонова // Экология регионов: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. – Владимир: ВООО ВОИ ПУ «Рост», 2012. – С.46-49.
 12. Забелина, О.Н. Применение показателей биологической активности в экологической оценке состояния почв урбоэкосистем / О.Н. Забелина, Т.А. Трифонова // Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред: тезисы докладов Международной конференции. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – С.77.
 13. Забелина, О.Н. Применение показателей биологической активности в экологической оценке состояния почв урбоэкосистем / О.Н. Забелина, Т.А. Трифонова // Доклады по экологическому почвоведению. – 2013. – Выпуск 18, № 1. – С.37-46.
 14. Забелина, О.Н. Биодиагностика состояния почвенного покрова городских рекреационных территорий / О.Н. Забелина, Т.А. Трифонова, Е.Ю. Алхутова // Экология речных бассейнов: сборник VII Международной научно-практической конференции. – Владимир: ВООО ВОИ ПУ «Рост», 2013. – С.186-190.
 15. Trifonova, T.A. Comparative assessment of the state of urban soils based on their biological activity / T.A. Trifonova, O.N. Sakhno, O.N. Zabelina, I.D. Feoktistova // Moscow University Soil Science Bulletin. – 2014. – Vol. 69. – № 3. – pp.112-115.