

На правах рукописи



**ПИСАРЕВА АЗА ВАЛЕРЬЕВНА**

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОБИОТЫ  
В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Специальность 03.02.08 – Экология (биология)

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Орёл-2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

**Научный руководитель:** **Степанова Лидия Павловна**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ

**Официальные оппоненты:** **Касатиков Виктор Александрович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
органических удобрений и торфа», ведущий научный  
сотрудник

**Воронина Людмила Петровна**  
доктор биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО  
«Московский государственный университет им. М.В.  
Ломоносова», ведущий научный сотрудник кафедры  
агрохимии и биохимии растений

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный агротехнологический  
университет им. П.А. Костычева»

Защита состоится «13» октября 2017 г. в 13.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, ауд. 335

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте <http://diss.vlsu.ru/>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, можно присылать по адресу: 600000, Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, кафедра биологии и экологии

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Е.Ю. Кулагина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Основные источники загрязнения почв, это промышленные предприятия, транспортные объекты, отходы производства и потребления, это обуславливает необходимость регулярного экологического мониторинга для установления масштабов загрязнения тяжёлыми металлами почв города и техногенно нарушенных сельскохозяйственных земель с целью разработки природоохранных мер. Изучение состояния урбанизированных территорий и земель, находящихся в зоне экстремальных техногенных воздействий, представляют особый научно-практический интерес и требуют огромного внимания исследователей.

**Степень разработанности проблемы.** В изучение проблемы накопления тяжёлых металлов в почвах и растениях в результате антропогенного воздействия от влияния автотранспорта и отвалов шлаковых отходов существенный вклад внесли многие исследователи. Исследования при оценке воздействия тяжёлых металлов на почвы городов учёными проводились, главным образом, с целью санитарно-гигиенической характеристики и сравнения полученных данных относительно предельно допустимых концентраций и фоновых значений. Вопросы, касающиеся комплексной сравнительной оценки интенсивности накопления ТМ и состояния микробоценоза в урбанозёмах (г.Москва) и почвах сельскохозяйственных земель в зонах экстремальных техногенных воздействий шлаковых отходов металлургического производства (д. Б.Думчино) разработаны недостаточно.

**Цель исследования.** Оценка экологического состояния почв в условиях различной техногенной нагрузки антропогенно-преобразованных ландшафтов на примере мегаполиса г.Москвы и д. Б.Думчино.

### **Основные задачи:**

- сравнительная оценка изменения агрофизических свойств антропогенно-преобразованных почв (урбанозёмы г.Москвы) и светло-серых лесных почв в зонах экстремальных техногенных воздействий шлаковых отходов (д. Б.Думчино) в разной удалённости от источников техногенного загрязнения;

- сравнительная оценка изменения физико-химических свойств почв при разных уровнях антропогенной и техногенной нагрузки;

- установление уровней накопления тяжёлых металлов и степени их подвижности в исследуемых почвах на разной удалённости от источников загрязнения (автотранспорт и шлаковый отвал);

- сравнительная оценка изменения микробиологических свойств и состояния почвенных микробоценозов при разных уровнях загрязнения тяжёлыми металлами;

- сравнительная оценка загрязнения городских почв органическими веществами, в том числе нефтепродуктами и бенз(а)пиреном и их фитотоксичности.

**Научная новизна.** Впервые проведены комплексные исследования оценки экотоксикологического состояния почв антропогенно-трансформированных территорий (г.Москвы) и светло-серых лесных почв в зонах экстремальных техногенных воздействий шлаковых отходов (д. Б.Думчино) по характеру накопления и распределения тяжёлых металлов в верхних горизонтах изучаемых почв и выявлены закономерности их изменений в зависимости от свойств почв, характера и удалённости источника загрязнения. Выявлено влияние высоких концентраций загрязняющих веществ на интенсивность ферментативной активности в урбанозёмах вблизи автомагистралей. Установлена высокая чувствительность фермента каталаза, уреазы и инвертазы к воздействию химических токсикантов. В зависимости от характера источников загрязнения и свойств антропогенно-преобразованных почв выявлено изменение степени накопления и подвижности тяжёлых металлов и эколого-трофических групп микроорганизмов. Проведено комплексное изучение целесообразности использования в качестве тест-культур основных групп организмов: продуценты, консументы и редуценты, а также показана надёжность и возможность применения данных методов оценки экологического качества окружающей среды.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные в ходе исследования данные дополняют имеющиеся представления о плотности техногенного загрязнения почв тяжёлыми металлами в урбанизированных зонах и техногенных ареалах почв сельскохозяйственных и лесных угодий вокруг утилизируемых отходов металлургического производства с целью выделения зон острых экологических ситуаций и выявления земель с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения. Результаты исследований применимы в регулярном мониторинге экологического и санитарно-эпидемиологического состояния антропогенно-трансформированных земель, а также в разработке мероприятий по оздоровлению геоэкологической ситуации урбанизированных территорий и организации контроля экологического состояния окружающей среды в зонах экстремальных техногенных воздействий.

**Методология и методы исследования.** Исследования проводились на основе системного подхода для создания целостной картины взаимовлияний источников загрязнения, загрязняющих веществ и окружающей среды, а также выявления основных закономерностей изучаемых процессов и явлений в системе «ТМ-ПОЧВА-ОРГАНИЗМЫ». Выбор методов исследования основывался на особенностях изучаемых объектов и включал: методы отбора проб почв и пробоподготовки, метод почвенно-режимных наблюдений состава, свойств и режимов почв: водного, реакции среды, биологической активности, исследование физических свойств, гранулометрического состава, химического состава, органического вещества, физико-химических

свойств, определение биофильных элементов; спектроскопические методы: атомно-абсорбционная спектроскопия, пламенно-фотометрический метод, микробиологический анализ. Интегральный показатель токсичности определяли методом биотестирования.

#### **Основные положения.**

1. Почвы антропогенно- и техногенно-трансформированных земель значительно различаются между собой по гранулометрическому составу, физико-химическим и агрохимическим показателям, величине удельной поверхности почвенных частиц.

2. В урболандшафтах и антропогенно-изменённых территориях, подверженных различной техногенной нагрузке, почвы характеризуются разным уровнем накопления тяжёлых металлов и степени их подвижности в зависимости от почвенных условий, характера и удалённости источника загрязнения.

3. В почвах урболандшафтов и антропогенно-трансформированных ландшафтов в сравнении с фоновыми почвами существенно изменены микробные сообщества, численность и структура физиолого-трофических групп микроорганизмов.

4. Интегральная оценка устойчивости микробоценозов к техногенному воздействию для различных функциональных зон промышленно развитого города и зон экологического риска (шлаковый отвал).

5. Почвы вблизи автомагистралей отличаются самой высокой степенью накопления нефтепродуктов, бенз(а)пирена и тяжёлых металлов и, как следствие, фитотоксичности.

**Степень достоверности результатов.** Обоснованность и достоверность результатов, научных положений и выводов диссертационного исследования подтверждается согласованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными, использованием современных методов лабораторных исследований, проведённых в лабораториях, имеющих государственную лицензию. Достоверность полученных имперических данных обеспечена использованием современных средств измерений и стандартных методик проведения исследований, сравнительного анализа и освещении полученных результатов.

**Личное участие автора** заключается в постановке проблемы, определении цели и задач исследований, в самостоятельной разработке программы исследований, получении результатов, выполнении полевых и лабораторных исследований, в проведении научных экспериментов, статистической обработке полученных данных, их интерпретации и обобщении итогов исследований, формулировании выводов и оформлении работы. Также, личное участие соискателя подтверждается подготовкой и выпуском ряда публикаций в ведущих Российских изданиях, активной апробации результатов исследований.

**Апробация результатов исследований.** Результаты исследований доложены и обсуждены на заседаниях Учёного совета факультета Агробизнеса и экологии ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ»

имени Н.В.Парахина» в 2013-2016., на трёх международных и одной всероссийской научно-практических конференциях, в том числе: Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» ФРЭМЭ'2016 с элементами научной молодёжной сессии «Интеллектуальные биометрические системы и технологии» г.Суздаль, 4-7 июля 2016г.; XIV Международной конференции по вопросам Европейской науки и техники 12-13 октября 2016г. (г.Мюнхен, Германия). Отдельные положения, рекомендации и выводы, содержащиеся в диссертационной работе, внедрены в практику благоустройства территории при МГТУ имени Н.Э.Баумана, некоторые результаты теоретических исследований использовались при подготовке спецкурсов и циклов лекций в учебном процессе в Орловском государственном аграрном университете, что подтверждается актами о внедрении.

**Публикации результатов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 24 научных статьи, в том числе 14 статей в изданиях, реферируемых ВАК, одна из них на иностранном языке, 10 статей в изданиях, реферируемых РИНЦ, в том числе одна статья в иностранном журнале и 4 статьи в сборниках Российских и Международных научных конференций.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация изложена на 171 страницах, из которых 116 страниц основного текста, состоит из введения, трёх глав, 18 таблиц, шести рисунков, библиографического списка, 8 приложений на 15 страницах, приложения содержат 28 рисунков. Библиография содержит 363 источника, в том числе на иностранных языках.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность и признательность своему научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору ОГАУ имени Н.В.Парахина Лидии Павловне Степановой за всестороннюю поддержку в проведении исследований, ценных советов в работе над диссертацией и высокопрофессиональное консультирование, профессору, доктору сельскохозяйственных наук, заведующему кафедрой «Земледелия, агрохимии и агропочвоведения» ОГАУ имени Н.В.Парахина Василию Тихоновичу Лобкову, за ценные советы в определении и реализации целей научного труда, заведующему кафедрой «Медико-технического менеджмента» МГТУ имени Н.Э.Баумана, профессору, доктору медицинских наук, Александру Петровичу Николаеву, заместителю заведующего кафедрой «Медико-технического менеджмента» МГТУ имени Н.Э.Баумана доценту, к.т.н. Ирине Анатольевне Аполлоновой за проявленную чуткость, поддержку и понимание, а так же, коллективам этих кафедр.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Степень загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами (ТМ) в промышленных регионах РФ с каждым годом увеличивается. Большинство авторов проводят исследования по

техногенному загрязнению ТМ и их влиянию только на отдельные свойства почвы. В связи происходящей деградацией урбанозёмов актуальным вопросом экологического мониторинга является изучение характера изменения эколого-трофических групп микроорганизмов при разных уровнях техногенного загрязнения тяжёлыми металлами почв антропогенно-трансформированных земель.

## **ГЛАВА 2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводились на почвах разных рекреационных зон г.Москвы и на территории воздействия шлакового отвала в д. Б.Думчино. Изучаемые территории подвергаются различной техногенной нагрузке—это транспортно-дорожный комплекс г.Москвы и поступление загрязняющих веществ (тяжёлых металлов) в почву при миграции в местах складирования отходов металлургического производства (шлаковый отвал д. Б.Думчино).

### **2.1 Место и условия проведения исследований**

Для выполнения поставленных задач нами были выбраны территории различных селитебных зон и природных ландшафтов, испытывающих воздействие различных видов деградации от антропогенных воздействий: г.Москва, МКАД, 23-й км; Каширское ш.-д.150; ш.Энтузиастов, д.86; Лосиный остров (парковая зона), а также Д. Большое Думчино, Мценского района, Орловской области (техногенно-изменённые территории в районе прилегания отходов алюминиевого литья-шлакового отвала).

### **2.2 Объекты и методы**

Исследования проводились в 2013-2016гг. на почвах г.Москвы и на территории воздействия шлакового отвала в 2010-2016гг. в д. Б.Думчино. В качестве объектов исследования были выделены три блока почв: естественно ненарушенные, естественно-нарушенные поверхностно-преобразованные (урбанопочвы), естественные нарушенные глубокопреобразованные (урбанозёмы). Отбор проб осуществлялся из поверхностного слоя (0-20см) урбанозёмов г.Москвы и естественной ненарушенной дерново-подзолистой почвы на территории парковой зоны Лосиный остров г.Москва, а также из поверхностного горизонта (0-20) светло-серой лесной почвы на разном удалении шлакового отвала на территории д. Б.Думчино.

**Объектами исследования служили** ключевые участки в г. Москва на удалении на 5м, 50м, 300м от Каширского ш., ш. Энтузиастов, Московской кольцевой автодороги (23-й км МКАД), в качестве контроля (фоновые почвы) использовали участок дерново-подзолистой почвы (Umbric Albeluvisols, АJ-гумусово-элювиальный горизонт) на территории парковой зоны Лосиный о. г.

Москвы и участки с удалённостью 20м и 300м от шлакового отвала в д. Б.Думчино (светло-серая лесная почва AlbicLuvisols, АJ-светлогумусовый горизонт) и фоновая светло-серая лесная почва. Высота образовавшегося холма из шлаковых отходов состоит из сыпучего материала (шлаковый отвал) составляет 30-40м, этот источник загрязнения расположен вблизи (1км) населённого пункта д. Б.Думчино. Физико-химические свойства солевого отвального шлака: сыпучий металл, фракции 3мм, цвет светло-серый, водородный показатель водной вытяжки рН8, основные фазы-хлорид калия ( $KCl$ ), хлорид натрия ( $NaCl$ ), оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ), оксид кремния ( $SiO_2$ ). Отсевы солевого алюминиевого шлака относятся к IV классу малоопасных веществ по ГОСТ 12.1.007-76.

### 2.3 Методика исследований

Лабораторные исследования проводились на кафедре «Земледелия, агрохимии и агропочвоведения» Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина, ФГБУ «Центр агрохимической службы «Владимирский», ФГБУ «Орловский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору». Определение гидролитической кислотности-по методу Каппена. Химический анализ выполнен по реакции почвенной среды (рН), валовым и подвижным формам свинца, меди, никеля, цинка, кобальта, кадмия. Величина органического вещества-по методу Тюрина (ГОСТ26213-91). Пробные площадки закладывались по требованиям ГОСТ17.4.4.02-84. Содержание валовых и подвижных форм ТМ в аммиачно-ацетатном буферном растворе рН4,8 методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ГОСТ30178-96). Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова (ГОСТ 26212-91). В почве определялась общая численность КОЕ основных физиологических групп микроорганизмов, которые учитывались классическими методами посева на твёрдые питательные среды: МПА (мясопептонный агар); КАА (крахмало-аммиачный агар), в том числе актиномицеты; среда Чапека с добавлением молочной кислоты - микроскопические грибы; среда Гетчинсона с фильтровальной бумагой - целлюлозоразлагающие микроорганизмы, в том числе бактерии, грибы, актиномицеты. Для оценки уровня химического загрязнения почв, рассчитывали коэффициент концентрации химического элемента (Кс) и суммарный показатель загрязнения (Zс) (Сагет,1991). Степень фитотоксичности почвы оценивали в соответствии со стандартом ISO11269-1:2012 по ингибированию роста и развития молодых растений на исследуемых образцах относительно фоновой почвы. Табличные значения точечных оценок математических ожиданий содержания тяжёлых металлов и физиологотрофических групп микроорганизмов в различных зонах антропогенно-техногенного загрязнения и доверительные интервалы нахождения истинных значений с вероятностью  $P=0,95$  получены в результате статистической обработки проб урбанозёмов и почвы методами дисперсионного анализа.



## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Экологическая оценка антропогенного воздействия на показатели плодородия урбанозёмов и антропогенно-преобразованных светло-серых лесных почв

Учитывая специфические особенности источников загрязнения, весьма важным является комплексный подход к изучению всех видов загрязнения, возникает острая необходимость исследований и объективной оценки степени влияния техногенеза на компоненты биосферы.

### 3.2 Механический состав и величина удельной поверхности почвенных частиц в урбанозёмах и антропогенно-изменённой светло-серой лесной почве

Для урбанозёмов ш.Энтузиастов установлен супесчаный состав, существенно отличающийся от других урбанозёмов по содержанию частиц физической глины и ила. Для почв у МКАД и Каширского ш. состав изменялся от супесчаного вблизи к автотрассам до среднесуглинистого. По степени уменьшения величины удельной поверхности в урбанозёмах установлен следующий ряд: Каширское ш.>МКАД>ш.Энтузиастов. Для светло-серой лесной почвы установлен среднесуглинистый состав с преобладанием ила и крупной пыли, и возрастание величины удельной поверхности частиц до  $114,7\text{м}^2/\text{г}$  вблизи отвала. С удалением состав изменялся до легкосуглинистого с уменьшением ила (8,72%) и величины удельной поверхности ( $91,95\text{м}^2/\text{г}$ ). Фоновые дерново-подзолистая и светло-серая лесная почвы отличаются супесчаным и легкосуглинистым составом и величиной удельной поверхности ( $80,45\text{м}^2/\text{г}$  и  $104,0\text{м}^2/\text{г}$ , соответственно).

### 3.3 Физико-химические свойства урбанозёмов и светло-серой лесной почвы антропогенно-трансформированных территорий

Для урбанозёмов характерными являются нейтральная реакция среды, высокая насыщенность основаниями почвенно-поглощающего комплекса (от 91,2% до 96,57%), низкие величины гидролитической кислотности, ёмкости катионного обмена (от 9,04мг-экв/100г до 14,61мг-экв/100г), гумусированность повышенная. В почве д. Б.Думчино установлена нейтральная реакция среды, высокие величины степени насыщенности основаниями и содержания подвижных форм фосфора и обменного калия, низкие величины гидролитической кислотности и углерода органических веществ установлены вблизи к отвалу. Свойства фоновой дерново-подзолистой почвы отличаются от состава и свойств урбанозёмов низким содержанием гумуса, преобладанием в составе обменных катионов  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$  (8,83мг-экв/100г), среднекислой средой ( $\text{pH}_{\text{кcl}}4,75$ ) и низкой степенью насыщенности основаниями (26,29%) (таблица 1).

Таблица 1-Физико-химическая характеристика урбанозёмов (г.Москва) и светло-серой лесной почвы (д. Б.Думчино)

Удалённость, м	pH <sub>ксл</sub>	Н <sub>г</sub>	S <sub>осн.</sub>	ЕКО	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C <sub>орг.</sub> %	Гумус %	V, %	
										мг-экв/100 г
МКАД	5	6,90	0,35	9,69	10,04	29,78	16,5	1,95	2,84	96,5
	50	6,37	1,28	13,33	14,61	18,05	26,52	1,16	3,37	91,2
	300	7,10	0,43	8,97	9,40	36,1	19,85	2,03	3,39	95,4
шоссе Энтузиастов	5	7,30	0,31	8,73	9,04	26,3	12,7	1,74	3,0	96,57
	50	5,10	5,73	7,76	13,49	9,06	25,2	2,73	4,7	57,52
	300	4,35	6,69	3,39	10,08	1,36	7,09	1,62	2,8	33,63
Каширское шоссе	5	6,65	0,66	13,6	14,26	32,3	14,4	5,74	9,89	95,4
	50	5,50	1,28	13,7	14,98	25,4	18,0	1,38	2,38	91,5
	300	6,70	0,35	13,7	14,05	32,8	25,4	1,15	1,98	97,5
Фон-парк Лосиный остров	4,75	8,83	3,15	11,98	4,14	9,89	0,74	1,27	26,29	
д. Б. Думчино 2010 г.	20	4,5	3,6	3,0	6,6	4,5	42,5	1,62	2,8	45,5
	300	5,4	1,14	9,0	10,14	22,5	20,0	1,04	1,8	88,7
д. Б. Думчино 2016 г.	20	6,5	0,70	12,83	13,53	43,4	14,0	0,83	1,43	94,8
	300	6,9	0,39	12,30	12,69	36,0	45,6	1,36	2,34	96,9
Фон-светло-серая л. п.	4,9	3,19	9,70	12,89	7,16	34,8	0,90	1,55	75,3	

Светло-серая лесная фоновая почва характеризуется среднекислой средой и высокими величинами: гидролитической кислотности (3,19мг-экв/100г), содержанием обменного калия, а также низкими величинами: суммы обменных оснований (9,7мг-экв/100г), насыщенности основаниями, содержанием гумуса, обеспеченностью подвижными формами фосфора. Если сравнить физико-химические свойства изучаемых урбанозёмов и светло-серых лесных почв, то можно сделать вывод об исторически исходной генетической близости дерново-подзолистых почв г.Москва и светло-серых лесных почв Орловской области, подвергающихся различным видам антропогенных нагрузок.

### 3.4 Интенсивность накопления и степень подвижности тяжёлых металлов в урбанозёмах и почвах антропогенно-трансформированных территорий

Сравнительный анализ показал, что по большинству ТМ установлено превышение количества их валовых форм в сравнении с фоновыми почвами. С увеличением удалённости от шоссе отмечается снижение валовых форм ТМ на 32,8%-68,7%. По интенсивности и характеру накопления ТМ урбанозёмы г. Москва вблизи к автодороге составляют ряд: ш. Энтузиастов>Каширское ш.>МКАД. На удалении в 50м ряд: Каширское ш.>ш. Энтузиастов>МКАД. С удалённостью на 300м ряд: Каширское ш.>МКАД>ш. Энтузиастов. Установлено, что содержание валовых форм ТМ зависит от характера источника загрязнения. Так, в районе воздействия отвала количество валовых форм ТМ снижалось при увеличении удалённости как в 2010г., так и в 2016г (рисунок 1).

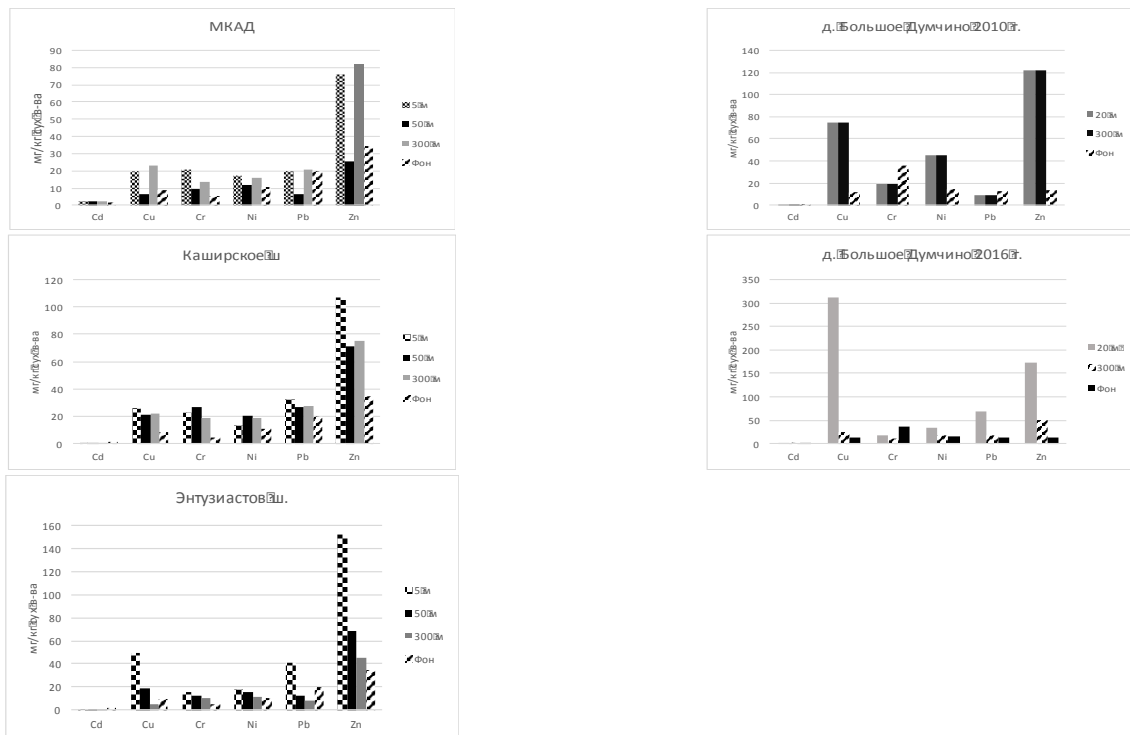


Рисунок 1. Содержание валовых форм ТМ в урбаноэмах г. Москва и техногенно-изменённых территориях д. Б. Думчино

Вблизи отвала количество валовых форм свинца и кадмия в 2010г. превышало их содержание на удалении на 300м на 15,1% и 21,9% соответственно, а количество валовых форм меди, цинка, никеля превышало в 1,25-1,53 раза. Содержание хрома на удалении на 20м и 300м от отвала колебалось в пределах 19,76-19,21мг/кг. В удалении на 300м коэффициент суммарного загрязнения за период 2010-2016гг. снизился в 3,4 раза, а вблизи к источнику загрязнения увеличился с 23,96ед. в 2010г. до 43,11ед. или в 1,8 раза в условиях 2016г. и был выше, чем в урбаноэмах. Установлено превышение количества ТМ в урбаноэмах в сравнении с фоновой почвой для кадмия, меди, хрома, никеля, цинка и свинца в 1,8; 2,6; 2,7; 1,5; 2,4; 1,1 раза соответственно. Полученные результаты подтверждаются значениями коэффициента суммарного загрязнения ( $Z_c$ ), его величина снижалась в урбаноэмах с увеличением удалённости от источника загрязнения (рисунок 2).

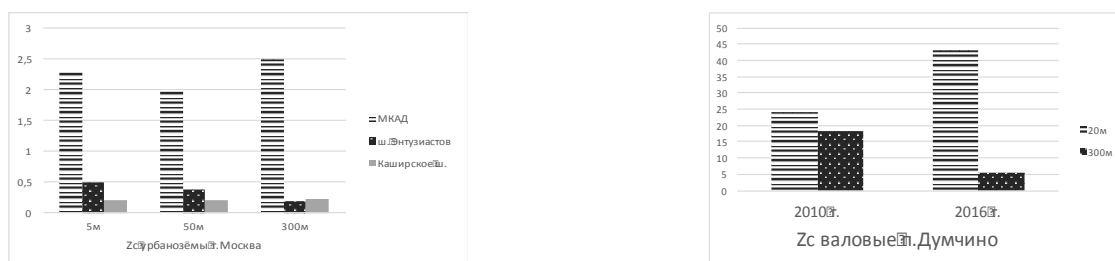


Рисунок 2. Величина коэффициента суммарного накопления ( $Z_c$ ) валовых форм ТМ в урбаноэмах и светло-серых лесных почвах

В оценке степени опасности шлаковый отвал оказывает наибольшее воздействие на загрязнение и накопление ТМ в почве, в сравнении с воздействием автотранспорта. Для урбанозёмов распределение подвижных форм Zn, Pb, Cu характеризует тренд снижения их концентраций по мере удалённости от автодороги (Cu в 2,45-4,0; Zn в 2,6-6,6; Pb в 1,7-5,6 раза). Тренды «уменьшения» и «накопления» наиболее чётко проявляются у ш.Энтузиастов. Вблизи МКАД максимальное количество ТМ установлено для кадмия 56,5%, цинка 20,58% и свинца 9,1% от содержания валовых форм. Количество хрома, меди, в сравнении с их содержанием в фоновой почве возрастало в 1,31;13,23 раза соответственно. При большей удалённости от источника загрязнения количество подвижных форм ТМ снижается для кадмия на 23,08%, меди на 75%, цинка на 51,6%, никеля на 53,85%, свинца на 50%, хрома на 18,2%. Отмечено, что на содержание ТМ существенное влияние оказывает мезорельеф. Так концентрации ТМ постепенно увеличиваются при движении к нижним частям примагистральных склонов. Почвенные условия урбанозёмов с большей удалённостью от автодороги способствуют большому накоплению подвижных форм ТМ и увеличению степени их подвижности. Исследования показали, что для урбанозёмов характерна определённая стабильность в динамике накопления подвижных форм ТМ: для МКАД-цинк, свинец, кадмий, для урбанозёмов ш.Энтузиастов-цинк, никель, свинец, для урбанозёмов Каширского ш.-цинк, свинец, медь (рисунок 3).

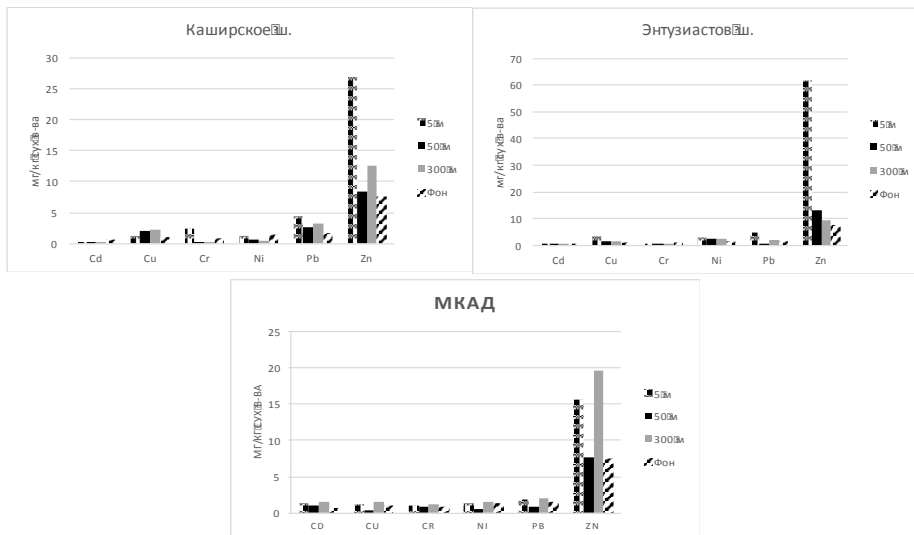


Рисунок 3. Содержание подвижных форм тяжёлых металлов в исследуемых урбанозёмах г.Москва

Установлено влияние фактора времени на изменение состава подвижных форм ТМ в почве под воздействием шлакового отвала за период 2010-2016гг. Содержание кадмия в почве вблизи шлакового отвала снижается в 24 раза, а с увеличением удалённости его количество снижается в 25,5 раза. Степень подвижности кадмия за период 2010-2016гг. снижается с 45-46% до 4,09-5,22% от содержания валовых форм. Степень подвижности свинца увеличивается в 2-8 раз в

2016г. Это подтверждается увеличением суммарного коэффициента накопления ТМ от 9,60ед. вблизи отвала до 6,1ед. в удалении на 300м (рисунок 4).

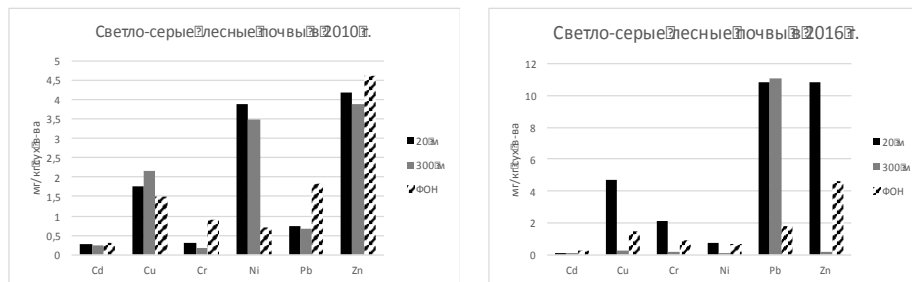


Рисунок 4. Содержание подвижных форм ТМ в светло-серых лесных почвах д. Б.Думчино

Для светло-серых лесных почв доля металлов убывает вблизи отвала в ряду: Zn>Ni>Cu>Pb>Cr>Cd, при удалении на 300м в ряду: Zn>Ni>Cu>Pb>Cd>Cr в условиях 2010г. В условиях 2016г. доля металлов убывает в ряду: Pb>Zn>Cu>Cr>Ni>Cd вблизи отвала, а при удалении на 300м: Pb>Cu>Zn>Cr>Ni>Cd. В фоновой дерново-подзолистой почве самый высокий процент подвижных форм ТМ установлен для кадмия 50% от содержания валовых форм, а для цинка 21,74%, хрома 16,8%, никеля 13,21%, меди 11,24% свинца 8,21%. Для фоновой светло-серой лесной почвы самый высокий процент подвижных форм ТМ показан для цинка 34,33%, а для кадмия 33,3%, меди 12,2%, никеля 4,67%, хрома 2,5%, свинца 2,36%. Доля подвижных форм ТМ в светло-серой лесной почве (фон) убывает в ряду: Zn=Cd>Cu>Ni>Cr>Pb, в дерново-подзолистой почве (фон): Cd>Zn>Cr>Ni>Cu>Pb. Таким образом, при увеличении концентрации ТМ до уровня выпадения осадка, или образования устойчивых комплексов, подвижность ТМ снижается. Но может складываться ситуация увеличения концентрации ТМ в растворе, когда создаются условия для повышения растворимости образуемых осадков, и степень подвижности ТМ увеличивается.

### 3.5 Экологическая оценка микробиоты в почвах техногенно-трансформированных земель

Почвы характеризуются достоверными различиями по общей численности основных физиологических и эколого-трофических групп микроорганизмов. Общая численность микроорганизмов у МКАД колебалась в пределах от  $3,58 \times 10^7$  КОЕ/г до  $5,72 \times 10^7$  КОЕ/г, а у Каширского ш. увеличивалось с удалением с  $2,92 \times 10^7$  КОЕ/г (5м) до  $5,4 \times 10^7$  КОЕ/г (300м). Численность аммонифицирующих бактерий у МКАД варьировала в пределах с  $1,49 \times 10^7$  КОЕ/г до  $2,80 \times 10^7$  КОЕ/г, а у Каширского ш. изменялась с  $0,98 \times 10^7$  КОЕ/г вблизи до  $1,53 \times 10^7$  КОЕ/г на удалении 300м. В урбанозёмах вблизи МКАД общая численность аминоавтотрофов достигала  $2,05 \times 10^7$  КОЕ/г., а с увеличением на 50м и 300м численность аминоавтотрофов увеличивалась до  $2,60 \times 10^7$  КОЕ/г и  $2,85 \times 10^7$  КОЕ/г соответственно. В урбанозёмах Каширского ш. общая численность аминоавтотрофов изменялась с  $1,91 \times 10^7$  КОЕ/г вблизи до  $3,85 \times 10^7$  КОЕ/г с

удалением в 300м. Интенсивность антропогенного воздействия проявляется в разной степени на изменении общей численности микроорганизмов в урбаноёмах у ш.Энтузиастов. Наибольшая численность микроорганизмов установлена вблизи шоссе и на удалении в 50м ( $2,34 \times 10^7$  КОЕ/г и  $2,65 \times 10^7$  КОЕ/г соответственно). Самая высокая величина коэффициента минерализации установлена вблизи ш.Энтузиастов (1,31ед.) (таблица 2).

Таблица 2-Микробиологическая активность урбаноёмов г.Москва и почв д. Б.Думчино

Объекты	Расстояние, м	$\times 10^7$ КОЕ/г				$\times 10^5$ КОЕ/г			$\times 10^7$ КОЕ/г	$K_{\text{мин}}$
		МПА	Использующие минер. формы азота на КАА			Целлюлозоразлагающие на среде Гетчинсона		Грибы на среде Чапека		
			общее	в том числе		Общее	в том числе			
				Бактерии	Актиномицеты					
МКАД	20	$\frac{1,49}{\pm 0,02}$	$\frac{2,05}{\pm 0,01}$	$\frac{1,13}{\pm 0,02}$	$\frac{0,92}{\pm 0,06}$	$\frac{1,33}{\pm 0,07}$	$\frac{1,31}{\pm 0,04}$	$\frac{1,12}{\pm 0,02}$	3,58	1,38
	50	$\frac{2,26}{\pm 0,07}$	$\frac{2,60}{\pm 0,09}$	$\frac{2,26}{\pm 0,03}$	$\frac{0,33}{\pm 0,20}$	$\frac{0,94}{\pm 0,05}$	$\frac{0,90}{\pm 0,04}$	$\frac{0,55}{\pm 0,06}$	4,88	1,15
	300	$\frac{2,80}{\pm 0,19}$	$\frac{2,85}{\pm 0,11}$	$\frac{1,87}{\pm 0,34}$	$\frac{0,98}{\pm 0,03}$	$\frac{2,42}{\pm 0,06}$	$\frac{2,41}{\pm 0,10}$	$\frac{4,91}{\pm 0,43}$	5,72	1,02
шоссе Энтузиастов	5	$\frac{1,01}{\pm 0,02}$	$\frac{1,32}{\pm 0,06}$	$\frac{0,86}{\pm 0,06}$	$\frac{0,45}{\pm 0,02}$	$\frac{0,91}{\pm 0,02}$	$\frac{0,88}{\pm 0,03}$	$\frac{0,63}{\pm 0,03}$	2,34	1,31
	50	$\frac{1,51}{\pm 0,03}$	$\frac{1,11}{\pm 0,22}$	$\frac{0,79}{\pm 0,04}$	$\frac{0,31}{\pm 0,02}$	$\frac{1,65}{\pm 0,17}$	$\frac{1,62}{\pm 0,08}$	$\frac{2,01}{\pm 0,05}$	2,65	0,74
	300	$\frac{0,41}{\pm 0,02}$	$\frac{0,26}{\pm 0,03}$	$\frac{0,17}{\pm 0,04}$	$\frac{0,08}{\pm 0,02}$	$\frac{0,66}{\pm 0,08}$	$\frac{0,65}{\pm 0,02}$	$\frac{0,41}{\pm 0,02}$	0,67	0,63
Каширское ш.	5	$\frac{0,98}{\pm 0,03}$	$\frac{1,91}{\pm 0,02}$	$\frac{1,62}{\pm 0,04}$	$\frac{0,29}{\pm 0,05}$	$\frac{1,34}{\pm 0,02}$	$\frac{1,3}{\pm 0,02}$	$\frac{0,26}{\pm 0,01}$	2,92	1,95
	50	$\frac{1,35}{\pm 0,05}$	$\frac{2,5}{\pm 0,06}$	$\frac{2,22}{\pm 0,19}$	$\frac{0,27}{\pm 0,02}$	$\frac{0,6}{\pm 0,03}$	$\frac{0,4}{\pm 0,05}$	$\frac{0,32}{\pm 0,01}$	3,86	1,85
	300	$\frac{1,53}{\pm 0,04}$	$\frac{3,85}{\pm 0,03}$	$\frac{3,36}{\pm 0,08}$	$\frac{0,5}{\pm 0,02}$	$\frac{0,93}{\pm 0,04}$	$\frac{0,79}{\pm 0,03}$	$\frac{0,39}{\pm 0,04}$	5,4	2,53
Лосинный остров		$\frac{0,93}{\pm 0,02}$	$\frac{1,09}{\pm 0,01}$	$\frac{0,81}{\pm 0,03}$	$\frac{0,29}{\pm 0,05}$	$\frac{0,12}{\pm 0,01}$	$\frac{0,09}{\pm 0,02}$	$\frac{3,12}{\pm 0,02}$	2,06	1,17
д. Б. Думчино 2010 г.	20	$\frac{0,71}{\pm 0,02}$	$\frac{1,40}{\pm 0,02}$	$\frac{0,91}{\pm 0,02}$	$\frac{0,49}{\pm 0,02}$	$\frac{0,41}{\pm 0,02}$	$\frac{0,32}{\pm 0,02}$	$\frac{0,93}{\pm 0,02}$	2,12	1,97
	300	$\frac{1,85}{\pm 0,08}$	$\frac{2,68}{\pm 0,02}$	$\frac{1,53}{\pm 0,03}$	$\frac{1,15}{\pm 0,04}$	$\frac{0,76}{\pm 0,02}$	$\frac{0,69}{\pm 0,02}$	$\frac{0,75}{\pm 0,08}$	4,55	1,45
д. Б. Думчино 2016 г.	20	$\frac{0,21}{\pm 0,02}$	$\frac{0,50}{\pm 0,03}$	$\frac{0,39}{\pm 0,07}$	$\frac{0,12}{\pm 0,01}$	$\frac{0,28}{\pm 0,02}$	$\frac{0,25}{\pm 0,03}$	$\frac{0,05}{\pm 0,02}$	0,72	2,39
	300	$\frac{0,44}{\pm 0,01}$	$\frac{1,29}{\pm 0,01}$	$\frac{1,03}{\pm 0,03}$	$\frac{0,26}{\pm 0,01}$	$\frac{1,6}{\pm 0,06}$	$\frac{1,55}{\pm 0,04}$	$\frac{0,11}{\pm 0,02}$	1,74	2,91

Высокий уровень гетерогенности городской среды в условиях микромозаичного строения почвы обуславливает некоторые трудности в выявлении определённых закономерностей функционирования микробных ценозов. Вблизи ш.Энтузиастов и МКАД величина коэффициента минерализации достигает значений 1,31ед. и 1,38ед., соответственно, а с

удалением от автотрассы значение коэффициента минерализации снижается до 1,02ед. (МКАД) и 0,63ед. (ш.Энтузиастов). В фоновой дерново-подзолистой почве установлено, что общая численность микроорганизмов в 1,7-2,8 раза ниже их количества в урбанозёмах. Для урбанозёмов у Каширского ш. и почв д. Б.Думчино показано увеличение общей численности микроорганизмов. Самые наибольшие величины коэффициента минерализации установлены на удалении в 300м от Каширского ш. (2,53ед.), и для техногенно-изменённой почвы с удалением от шлакового отвала на 300м (2,91ед.). Установленные исследованиями закономерности изменения эколого-трофических групп микроорганизмов в почвах г.Москвы обусловили необходимость сравнения состояния микробоценозов в светло-серых лесных почвах д. Б.Думчино. Анализ изменения численности микроорганизмов в светло-серых лесных почвах показал, что 2010г. вблизи от отвала их численность составила  $2,12 \times 10^7$  КОЕ/г, а с увеличением на 300м возрастала до  $4,55 \times 10^7$  КОЕ/г. Общая численность микроорганизмов в урбанозёмах в 1,69 раза превышает их численность в светло-серой лесной почве вблизи отвала, а при удалении она уступает численности в урбанозёмах в 1,26 раз. Следовательно, городские почвы испытывают меньший антропогенный пресс в сравнении с интенсивностью воздействия шлаковых отходов алюминиевого литья. В фоновой дерново-подзолистой почве изменяется не только общая численность микроорганизмов, но и соотношение различных эколого-трофических групп (таблица 3).

Таблица 3 - Влияние интенсивности накопления тяжёлых металлов и степени их подвижности на количество микроорганизмов в почвах

Удалённость, м	Zc вал. ф. ТМ	Zc подв. ф. ТМ	% подвижности						Общ. число $10^7$ КОЕ/г	Км
			Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni		
<b>МКАД</b>										
5	7,85	4,55	56,5	9,09	20,58	5,26	5,26	7,47	3,58	1,38
50	4,27	2,8	50,0	14,52	29,69	9,38	9,38	5,13	4,88	1,15
300	6,98	5,06	60,0	10,19	23,87	9,02	9,02	9,43	5,72	1,02
<b>шоссе Энтузиастов</b>										
5	13,08	13,24	72	11,09	48,68	6,59	1,76	15,28	2,34	1,31
50	5,25	2,85	78,9	6,69	19,17	6,77	2,77	15,75	2,65	0,74
300	2,43	2,57	48,6	23,01	20,59	27,38	4,55	19,58	0,67	0,63
<b>Каширское шоссе</b>										
5	9,64	7,39	10,0	13,76	25,14	4,59	10,48	19,26	2,92	1,95
50	9,36	3,28	4,76	10,08	11,62	9,49	0,66	3,59	3,86	1,85
300	7,74	3,79	5,65	11,50	16,59	9,77	0,32	2,28	5,4	2,53
<b>Лосинный остров</b>										
Фон	1,0	1,0	50,0	8,21	21,74	11,24	16,8	13,21	2,06	1,17
<b>Д. Б. Думчино 2016 г.</b>										
20	43,11	9,60	5,22	15,9	2,81	1,49	12,07	2,24	0,72	2,39
300	5,41	6,1	4,09	58,73	0,29	0,96	1,33	0,17	1,74	2,91

Численность аммонификаторов, аминокислототрофов, актиномицетов, бактерий, использующих минеральные формы азота на КАА в фоновой почве, уступает их численности в урбаноэмах. С изменением величины суммарного коэффициента накопления ТМ в почвах отмечается изменение общей численности микроорганизмов и величины коэффициента минерализации, отражающего отношение бактерий, выросших на КАА к бактериям, растущим на МПА. Высокая степень подвижности кадмия (4,09-78,9%), цинка (2,81-48,68%), и свинца (6,69-58,73%) от валового содержания оказывает значительное влияние на изменение микробоценоза урбаноэмов. Вблизи к автодороге количество микроорганизмов снижалось на 37,4-45,9%, на удалении 50м их снижение достигало 14,68-28,5% и на удалении на 300м их снижение составило 5,32%. В урбаноэмах у ш.Энтузиастов установлена самая высокая степень подвижности кадмия (48,6-78,9%) и свинца (23,01%), что обусловило снижение общей численности микроорганизмов и коэффициента минерализации. Воздействие шлакового отвала на количество микроорганизмов в почве проявлялось в увеличении общей численности микроорганизмов на большем удалении от отвала. В условиях высокого значения суммарного коэффициента загрязнения ТМ (валовое содержание)  $Zc_{43,11(20м)}$  и  $5,4(300м)$  и их подвижных форм  $Zc_{9,6(20м)}$  и  $6,1(300м)$  в светло-серой лесной почве вблизи отвала количество микроорганизмов составило  $0,72 \times 10^7$  КОЕ/г и возрастало в 2,4 раза до  $1,74 \times 10^7$  КОЕ/г с большим удалением от отвала. Установленный характер действия выбросов автотранспорта и использование противогололёдных средств на автомагистралях на активность исследуемых ферментов различен (рисунок 5).

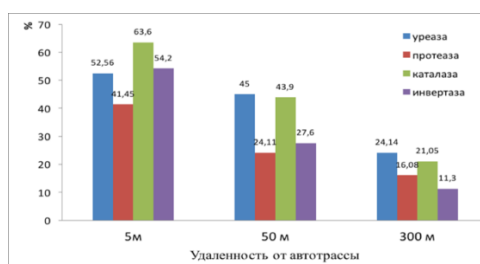


Рисунок 5. Уменьшение активности ферментов в % от незагрязнённой почвы в урбаноэмах в разной удалённости от источника загрязнения

Высокая концентрация загрязняющих веществ вблизи автомагистралей, изменение температуры воздуха и влажности приводит к снижению ферментативной активности. Самыми чувствительными ферментами к воздействию химических токсикантов являются каталаза, уреаза и инвертаза. В почвах изменяется характер метаболизма населяющих её живых организмов, она становится источником экологической опасности для растений и биоты. По нашему мнению, микробное сообщество быстро изменяет свои количественные характеристики



и соотношения между различными эколого-трофическими группами, что является основанием использования микробиологических анализов и значений коэффициентов минерализации для мониторинга состояния антропогенно-преобразованных земель.

### **3.6 Оценка санитарного состояния антропогенно-преобразованных земель**

Установлено, что особое место среди загрязняющих веществ вблизи автомагистралей занимают нефтепродукты и бенз(а)пирен. Самая высокая степень их накопления установлена вблизи ш.Энтузиастов (900мг/кг для нефтепродуктов и 130мг/кг для бенз(а)пирена), с увеличением расстояния до 300м количество нефтепродуктов снижается до 150мг/кг, а бенз(а)пирена до 54мг/кг. Концентрация бенз(а)пирена в почвах города превышает допустимый уровень в 2700 раз, что обуславливает несоответствие исследованных урбанозёмов требованиям ГН2.1.7.2014-06. По всем исследуемым ТМ в почвах города не установлены концентрации ТМ, превышающие допустимые уровни их содержания в почве. Оценка санитарного состояния исследуемых урбанозёмов осуществляли по величине санитарного числа «С», которое косвенно характеризует процесс гумификации органического вещества и позволяет оценить самоочищающую способность почвы от органических загрязнений. Санитарное число определяют отношением количества азота гуминовых веществ почвы «А» к количеству органического азота «В», то есть  $C=A:B$ . Величина санитарного числа «0,76» показывает, что урбанозёмы вблизи шоссе являются загрязнёнными. С большим удалением от шоссе степень загрязнения снижается, а величина санитарного числа возрастает до «0,93». Исследованные почвы по микробиологическим и паразитологическим показателям соответствуют СанПиН 2.1.7.1287-03 и относятся к категории загрязнения почв «Чистая».

### **3.7 Влияние различных уровней техногенного загрязнения урбанозёмов и светло-серой лесной почвы на рост и развитие газонных трав**

Установлена степень фитотоксичности почв по ингибированию роста и развития проростков травосмесей – клевер луговой (красный) «Малиновый лужок», трава газонная «Полисад» рыхлокустовых злаковых трав, широко используемых для озеленения газонов и установления их устойчивости к тяжёлым металлам при проведении фиторемедиации почв. С увеличением степени подвижности кадмия и свинца, снижается всхожесть семян клевера. Высокая степень подвижности кадмия в условиях сильноокислой среды и супесчаного гранулометрического состава фоновой почвы парка Лосиный о. обусловили низкие биометрические показатели проростков. Степень подвижности кадмия и свинца снижалась в условиях слабоокислой среды и повышалась в нейтральной среде. В условиях светло-серых лесных почв показано, чем выше уровень накопления ТМ, тем ниже общее количество проросших растений злаковой травосмеси

и величина их сырой и сухой массы. Установлено влияние увеличения интенсивности и коэффициента суммарного накопления тяжёлых металлов в почве на ингибирование роста и развития растений клевера и злаковой травосмеси с ухудшением их физиологического состояния (таблица 4).

Таблица 4 - Влияние степени загрязнения тяжёлыми металлами слоя 0-20 см урбанозёмов г. Москва и светло-серой лесной почвы на массу и высоту проростков клевера красного и травы газонной

Объект	Удалённость от источника загрязнения, м	Сырая масса проростков, г		Сухая масса проростков, г		Кол-во растений, шт.		Гумус, %	pH <sub>ксл</sub>	Физическая глина, %	Zc	Степень подв., %	
		клевер красный	трава газонная	клевер красный	трава газонная	клевер красный	трава газонная					Cd	Pb
МКАД	5	0,76	0,14	0,11	0,10	72	48	2,84	6,90	20,20	7,85	56,5	9,09
	50	1,84	0,16	0,17	0,13	83	45	3,37	6,37	34,84	4,27	50,0	14,52
	300	1,61	0,33	0,14	0,20	76	58	3,39	7,10	17,52	6,98	60,0	10,19
Ш. Энтузиастов	5	1,90	0,28	0,12	0,14	65	57	3,0	7,30	12,96	13,08	72,0	11,09
	50	0,75	0,31	0,09	0,21	45	72	4,7	5,10	13,48	5,25	78,9	6,69
	300	0,99	0,24	0,14	0,19	68	74	2,8	4,35	17,08	2,45	48,57	23,01
Каширское ш.	5	1,48	0,27	0,12	0,15	66	64	9,89	6,65	17,92	9,64	10,0	48,76
	50	1,70	0,21	0,24	0,19	68	74	2,38	5,50	37,56	9,36	4,76	27,92
	300	2,11	0,28	0,20	0,16	78	69	1,98	6,70	35,10	7,74	5,65	49,74
Лосиный о.		0,26	0,26	0,18	0,18	69	69	1,27	4,75	14,0	-	50,0	8,21
д. Б. Думчино	20	0,47	0,17	0,12	0,14	58	63	1,43	6,50	39,02	43,11	5,22	15,9
	300	0,53	0,14	0,09	0,12	52	68	2,34	6,90	27,54	5,41	4,09	58,73
Фон-светло-серая лесная		0,39	0,21	0,09	0,15	49	71	1,55	4,9	28,1	-	33,3	2,36

Показано, что для повышения эффективности биотестирования необходимо чётко отрабатывать условия подготовки проб с учётом особенностей химического и агрегатного состава почвенных образцов и выбора биотест-систем, то есть, для разных видов поллютантов необходимо подбирать методы с учётом диапазона их чувствительности и расширять спектр методик биотестирования, предназначенных для экотоксикологической оценки почв.

## ВЫВОДЫ

1. В структуре антропогенно-преобразованных почв г.Москва и светло-серых лесных почв в зонах техногенного воздействия шлаковых отходов (д. Б.Думчино) в непосредственной близости к источникам загрязнения отмечаются следующие изменения: по гранулометрическому составу (от супесчаного до легкосуглинистого); величине удельной поверхности почвенных частиц от 65,6 до 139,0м<sup>2</sup>/г; нейтральной реакции среды - рН<sub>КСЛ</sub> от 6,5 до 7,3; высокая насыщенность основаниями от 94,8% до 96,6%; высокая обеспеченность доступными формами фосфора и калия, низкая гумусированность от 1,43% до 3,0%; низкая величина ёмкости катионного обмена от 9,04 до 14,26мг-экв/100г, что обуславливает снижение буферных свойств исследуемых почв и уровня их устойчивости к антропогенно-техногенным воздействиям.
2. Для дерново-подзолистой почвы парковой зоны Лосиный остров и светло-серой лесной почвы (фоновые почвы) установлены: среднекислая реакция среды (рН<sub>КСЛ</sub>4,75-4,9), низкая величина суммы обменных оснований (9,7-12,89мг-экв/100г), высокая ненасыщенность основаниями, низкая гумусированность (от 1,27% до 1,55%), что является подтверждением генетической близости и сходства основных почвообразовательных процессов, характерных для почв южной тайги и северной лесостепи Центрального Федерального округа.
3. Комплексными исследованиями экотоксикологического состояния почв антропогенно-трансформированных территорий (урбанозёмов г.Москвы) и светло-серых лесных почв в зонах экстремальных техногенных воздействий шлаковых отходов (д. Б.Думчино) доказана самая высокая плотность загрязнения почв металлами территорий, обусловленная воздействием отходов металлургического производства.
4. В зонах воздействия автотранспорта и в зоне экстремального техногенного воздействия шлакового отвала установлено значительное варьирование количества тяжёлых металлов в антропогенно-преобразованных урбанозёмах. С увеличением удалённости от источника загрязнения отмечается закономерное снижение количества валовых и подвижных форм исследуемых тяжёлых металлов и величины коэффициента суммарного загрязнения (Z<sub>c</sub>): в зоне действия автотранспорта мегаполиса с 13,08ед. до 2,43ед.(вал.) и с 13,24 ед. до 2,6ед.(подв.), а в зоне действия шлакового отвала (Z<sub>c</sub>) с 43,1ед. до 5,41ед.(вал.) и с 9,6ед. до 6,1ед.(подв.).
5. Выявлено, что при увеличении интенсивности накопления тяжёлых металлов, происходит изменение структуры микробного сообщества, характера метаболизма населяющих её живых организмов и закономерное снижение общей численности микроорганизмов (5,72×10<sup>7</sup>КОЕ/г до 2,34×10<sup>7</sup>КОЕ/г для урбанозёмов и 1,4×10<sup>7</sup>КОЕ/г до 0,72×10<sup>7</sup>КОЕ/г для зоны действия шлакового отвала). На данном основании исследуемая территория характеризуется как зона экологического риска.

6. Установлено влияние высоких концентраций загрязняющих веществ (ТМ) в урбано-зёмах вблизи автомагистралей на изменение интенсивности протеолитической, уреазной, каталазной и инвертазной активности. Показана высокая чувствительность ферментов к воздействию химических токсикантов, таких, как окислительно-восстановительный фермент каталаза и гидролитические ферменты уреазы (фермент азотного обмена) и инвертазы.

7. Почвы вблизи автомагистралей отличаются наиболее высокой степенью накопления нефтепродуктов, бенз(а)пирена и тяжёлых металлов и, как следствие, повышенной фитотоксичностью. Установлено влияние увеличения интенсивности и коэффициента суммарного накопления тяжёлых металлов в почвах на ингибирование роста и развития растений клевера и злаковой травосмеси.

### **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ В ИЗДАНИЯХ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ВАК**

1. Stepanova, L.P. Ecological chemical characteristics of deicing materials and technology of their safe application. / L.P. Stepanova, E.V. Yakovleva, **A.V. Pisareva** // **Вестник ОрелГАУ**. - 2014. - Том 48. - №3. - С. 65-73.

2. Степанова, Л.П. Физико-химическая оценка восстановления плодородия нарушенных серых лесных почв при их рекультивации. / Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, **А.В. Писарева** // **Безопасность в техносфере**. - 2015. - Том 4. - №2(53). - С. 27-32.

3. Степанова, Л.П. Состояние плодородия антропогенно - изменённых серых лесных почв и его эколого-экономическая оценка. / Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, Е.А. Коренькова, **А.В. Писарева** // **Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности**. - 2015. - №3. - С. 105-114.

4. Степанова, Л.П. Агроэкономическая оценка восстановления плодородия антропогенно-нарушенных и рекультивируемых серых лесных почв. / Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, Е.А. Коренькова, **А.В. Писарева** // **Учёные записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки**. - 2015. - №4. - С. 256-260.

5. Раскатов, В.А. Экологическое состояние почвенного покрова городских ландшафтов различного функционального использования (на примере г. Москвы). / В.А. Раскатов, Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, **А.В. Писарева** // **Известия ТСХА**. - №5. - 2016. - С. 5-18.

6. Степанова, Л.П. Экологическая характеристика антропогенно-трансформированных почв, загрязнённых тяжёлыми металлами. / Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, **А.В. Писарева** // **Агрохимия**. - № 12. - 2016. - С. 60-67.

7. Степанова, Л.П. Экологическая оценка структуры микробиологического комплекса техногенно-трансформированных земель./Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, А.В.Писарева, В.А.Раскатов//**Агрехимический вестник**.-№3.-2016.-С.20-25.
8. Яковлева, Е.В. Генетико-химическая и агроэкономическая характеристика пахотных темно-серых лесных почв./Е.В.Яковлева, Л.П.Степанова, Е.А.Коренькова, А.В.Писарева//**Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева**.-№2.-2016.-С.63-68.
9. Степанова, Л.П. Агрономическая оценка антропогенных воздействий на изменение пахотных серых лесных почв Орловской области. / Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, А.В.Писарева//**Вестник Мичуринского ГАУ**.-№2,-2016.-С.41-45.
10. Степанова, Л.П. Геохимическая характеристика антропогенно-преобразованных ландшафтов./Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, А.В.Писарева//**Агрехимия**.-№10.-2016.-С.96.
11. Степанова, Л.П. Экологическая оценка характера антропогенного воздействия на изменение структуры микробиологического комплекса техногенно-трансформированных земель./Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, А.В.Писарева//**Плодородие**.-№3.-2016.-С.37-40.
12. Писарева, А.В. Миграция тяжёлых металлов от очага загрязнения в зависимости от взаимосвязей в ландшафте./А.В.Писарева, С.Л.Белопухов, В.И.Савич, Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, В.В.Гукалов, И.Г.Шайхиев//**Вестник Казанского технологического университета**.-Том 20,-№6,-2017,-С.160-163.
13. Степанова, Л.П. Экотоксикологическое состояние урбанозёмов и антропогенно-преобразованных светло-серых лесных почв./Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, А.В.Писарева // **Вестник Орловского государственного аграрного университета**.-№1(64).-2017.-С.4-12.
14. Байбеков, Р.Ф. Микробиологическая оценка загрязнения почв парков тяжёлыми металлами./Р.Ф.Байбеков, А.В.Писарева, В.И.Савич, Л.П.Мосина//**Плодородие**.-2017.-№2 (95).-С.51-53.

#### **В СБОРНИКАХ ТРУДОВ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ И ИНЫХ ИЗДАНИЯХ**

15. Степанова, Л.П. Состояние водных объектов в местах водопользования населения Орловской области и мероприятия по улучшению качества питьевой воды./Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, Е.С.Черный, Е.А.Коренькова, А.В.Писарева, А.И.Мышкин//**Экология и промышленность России**.-2014.-№2.-С.40-45.
16. Степанова, Л.П. Экологическая оценка влияния навозных стоков на химические и санитарно-гигиенические показатели поверхностных и подземных вод Орловской области./Л.П.Степанова, Е.А.Коренькова, А.И.Мышкин, Е.В.Яковлева, Е.С.Черный,

А.В.Таракин, И.М.Тихойкина, М.Александр, А.В.Писарева, Е.Цыганок//**Международный сельскохозяйственный журнал**.-2014.-№4.-С.45-48.

17. Степанова,Л.П. Химический состав состояния поверхностных вод бассейна реки Ока на территории Орловской области./Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, Е.С.Черный, А.В.Писарева//**Вестник РУДН.Серия:Экология и безопасность жизнедеятельности**.-2015.-№4.-С.92-99.

18. Степанова,Л.П. Экологическая оценка влияния антропогенного воздействия на физико-химические свойства урбанозёмов, дерново-подзолистой почвы парковой зоны (г. Москва) и серой лесной почвы (шлаковый отвал п.Думчино)/Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, А.В.Писарева//**Агробизнес и экология**.-2015.Т.2.-№2.-С.244-246.

19. **Писарева,А.В.** Техногехимические аномалии в урбанозёмах в результате антропогенных воздействий./А.В.Писарева, Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева//**XII Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»**.-2016.-С.323-327.

20. **Писарева,А.В.** Характеристика степени влияния зон экологического неблагополучия на здоровье человека (на примере Орловской области)/А.В.Писарева, Л.П.Степанова, Е.В.Яковлева, А.И.Мышкин//**Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»**.-2016.-С.327-329.

21. Яковлева, Е.В. Агроэкономическая оценка деградиционных изменений плодородия пахотных серых лесных почв./Е.В. Яковлева, Л.П. Степанова, А.В. Писарева//**Вестник Брянской ГСХА**.-2016.-№4.-С.3-15.

22. Stepanova,L.P. Title:The Environmental Assessment of the Intensity of Heavy Metal Accumulation in Anthropogenically Transformed Soil./L.P.Stepanova, E.V.Yakovleva, **A.V.Pisareva**//Date due:Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development Manuscript Evaluation Form 10th March.-2016.-P.23-26.

23. **Pisareva, A.V.** Characterization of impact degree of zones with severe environmental problems on human health (based on Orel oblast)/**A.V.Pisareva**, L.P.Stepanova, E.V.Yakovleva, A.I.Myshkin//European Science and Technology.Materials of the XIV internaional research and practice conference. October 12th – 13th 2016,Munich Germany.-2016,-P.47-53.

24. Гукалов,В.Н. Интегральная оценка состояния тяжёлых металлов в почвах./В.Н.Гукалов, В.И.Савич, **А.В.Писарева**//Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвящённой 95-летию Кубанского ГАУ. – Краснодар.-2017.–С.244-246.