НИКИТЕНКО
Мария Анатольевна

ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДОВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. САРАПУЛА И Г. КАМБАРКИ)

003174423

ИЖЕВСК - 2007

УДК 504 75 911 375 227 (470 51)

На правах рукописи

НИКИТЕНКО
Мария Анатольевна

ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДОВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. САРАПУЛА И Г. КАМБАРКИ)

03 00 16 - экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

ИЖЕВСК - 2007

Работа выполнена в ГОУВПО «Удмуртский государственный университет» на кафедре ботаники и экологии растений

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
КУЗНЕЦОВ Максим Филиппович

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор
СТУРМАН Владимир Ицхакович

кандидат биологических наук, доцент
ДАВЛЕТОВ Ильдар Зинурович

Ведущая организация: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

Защита состоится « 31 » октября 2007 г в 15 часов на заседании диссертационного совета КМ 212 075 05 при ГОУВПО «Удмуртский государственный университет» по адресу 426034, г Ижевск, ул Университетская, 1, корп 1, ауд 119 факс (3412) 755866

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУВПО «Удмуртский государственный университет» по адресу 426034, г Ижевск, ул Университетская, 1, корп. 1

Автореферат разослан « 29 » сентября 2007 г

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор биологических наук, профессор О Г Баранова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Одной из важнейшей особенностей современности является урбанизация территории стран с высокой долей городского населения Эта проблема затрагивает и Российскую Федерацию

Удмуртия – промышленно развитая республика, для которой проблема изучения городской среды также актуальна Несмотря на то, что вопросам охраны окружающей природной среды уделяется большое внимание на государственном уровне, практически проблемы урбанизированной среды, в особенности малых городов, таких как Сарапул и Камбарка, остаются недостаточно изученными Исследование природной среды Сарапульского и Камбарского районов проводились лишь в рамках инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий при строительстве различных объектов Недостаточное количество исследований побудило нас к комплексному исследованию важнейших компонентов экосистемы почвенного покрова и растений – городов Сарапула и Камбарки

Цель и задачи. Цель данной работы - изучение влияния урбанизации на трансформацию почвенного покрова и условия функционирования растений промышленных городов Среднего Предуралья (на примере городов Сарапула и Камбарки) Для достижения цели были поставлены следующие задачи

1) выявить разнообразие естественных и антропогенно преобразованных городских почв с отражением их на картографическом материале, 2) определить морфологические и агрохимические отличия данных почв, влияние степени нарушенности естественного сложения почв на загрязнение их тяжелыми металлами (ТМ), 3) установить закономерности накопления тяжелых металлов в почвах и растениях пространственное распределение ТМ в почвах и растениях г Сарапула и г Камбарки, видовую специфику в накоплении ТМ растениями, сезонную динамику в накоплении ТМ растениями г Сарапула, 4) оценить роль фолиарного поглощения элементов из атмосферы с целью очищения атмосферного воздуха от тяжелых металлов; сравнить трансформацию и степень загрязнения почв и растений в условиях городов Сарапула и Камбарки, 5) установить взаимосвязь между содержанием ТМ в почве, атмосфере и растениях, 6) рассмотреть приемы детоксикации избыточного содержания ТМ и условия оптимизации функционирования растений в городской экосистеме

Научная новизна. Изучены малые города как модель урбаноэкосистемы, установлено, что в некрупных промышленных городах наблюдается трансформация морфологических, агрохимических свойств почв, степень которой зависит как от возраста города, так и развития транспортно-промышленного комплекса, определены пространственное содержание и концентрация ТМ в городских почвах разной степени нарушенности и в древесных растениях, выявлена видовая специфика, сезонная динамика накопле-

ния ТМ в растениях, рассмотрено фолиарное поглощение элементов растениями городов Сарапула и Камбарки, проведено сравнение степени трансформации почв и условий функционирования растений на территории данных городов, выявлена зависимость содержания ТМ в растениях от свойств почв, составлены карты загрязнения почв цинком и медью

Практическая значимость работы. Результаты исследования могут быть использованы как основа для мониторинга состояния почв и древесных растений городов Сарапула и Камбарки Полученные данные можно применять при озеленении городов, а также при планировании размещения детских садов, школ, оздоровительных учреждений

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на Всероссийской научно-практической конференции «Инновационная экономика и региональное инновационно-устойчивое развитие Экологические аспекты регионального инновационно-устойчивого развития» (Чебоксары, 2006), на ежегодных научных конференциях преподавателей и сотрудников УдГУ (2003-2005)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе одна в издании, рекомендованном ВАК РФ

Основные положения, выносимые на защиту:

1 Антропогенная деятельность оказывает негативное влияние на развитие городских почв Наиболее значимыми процессами, протекающими в городских почвах, являются замещение естественного почвенного профиля антропогенным, изменение агрохимических свойств увеличение показателей обменной кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями, уменьшение значений гидролитической кислотности, содержания гумуса, подвижного фосфора, обменного калия с увеличением степени нарушенностиестественного сложения почв

2 Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях городов Сарапула и Камбарки зависит от особенностей использования территории и расположением почв и растений относительно источников выбросов, а также от гранулометрического состава почв и вида почвообразующих пород Концентрация ТМ в почвах и растениях зависит от возраста города, степени развития промышленно-транспортного комплекса, что подтверждается значительным превышением значений концентраций тяжелых металлов в почвах и растениях города Сарапула по сравнению с Камбаркой, а также сравнением данных городов с г Ижевском

3 Поглощение ТМ растениями видоспецифично и элементоспецифично, поэтому в городах необходимо создавать разновидовые насаждения для максимального очищения атмосферы и почв от тяжелых металлов

Декларация личного участия автора. Морфологическое описание, отбор проб растений и почв, химические анализы растений и почв, обработка материала выполнены лично автором

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, включающего 235 источника, в том числе 18 на иностранных языках, и четырех приложений Основной текст изложен на 143 страницах, иллюстрирован 14 рисунками и 19 таблицами

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Глава 1. Трансформация почв и растительного покрова в результате урбанизации (обзор литературы)

На основании литературных данных рассмотрены проблемы трансформации и классификации почв, функционирующих в городе, подходы отечественных и зарубежных авторов к данной проблеме Описаны свойства городских почв и их экологические функции, особенности растительного покрова в городе Рассмотрена проблема загрязнения почвы и растений тяжелыми металлами и различные подходы к нормированию ТМ в данных блоках экосистемы

Глава 2. Характеристика объектов исследования

В главе даны краткая социально-экономическая характеристика и описание природных условий городов Сарапула и Камбарки

Глава 3. Методика проведения исследований

Особенности урбаноэкосистемы, рассмотренные в гл 1 и 2, изменение основных характеристик ландшафта, преобразование естественной структуры исследуемых компонентов, накладывают отпечаток на методику пробоотбора в условиях города

3.1. Сбор и химический анализ почвенных и ботанических образцов

Выбор мест пробоотбора. Особенности городской среды зачастую не позволяют обеспечить равномерность отбора проб Используемый в большинстве работ координатно-сеточный метод пробоотбора приходится дополнять определенными условиями, так как отобрать пробу в намеченной точке бывает не всегда возможно В случае необходимости смещения точки предпочтение отдается "территории со сформированным почвенным профилем" (Методические рекомендации 1999) При этом геохимический подход трансформируется в педохимический, основной характеристикой которого является приуроченность отбора к относительно равновесным почвам, а не ежегодно обновляемым грунтам Такой подход методически более объективен (Капелькина, 1991, Методические рекомендации , 1999) Разбивка территории на квадраты проведена с учетом масштаба обследования 1 25 000 (Методические рекомендации, 1999)

Для оценки степени накопления загрязняющих веществ использовался местный фоновый уровень, так как использование "абсолютного" среднеарифметического критерия (Водяницкий и др , 1995) в большинстве случаев

не отражает реальную ситуацию Объективнее использовать фон, определенный непосредственно для данной зоны (Авессаломова, 1991) Фоновый уровень может быть определен в естественных условиях по рекомендациям ряда авторов, при расстоянии от источников загрязнения не менее 50-80 км (Цемко и др, 1980, Махонько, 1976) Фоновый уровень для г Сарапула определен по серым лесным почвам на элювиально-делювиальных суглинках и глинах, отобранных у деревни Оленье Болото Сарапульского района, для г Камбарки – по дерново-среднеподзолистым почвам на аллювиальных отложениях, отобранных вблизи деревни Старые Копки Кизнерского района, поскольку по составу отложений, залегающих с поверхности, и почв район г Камбарка достаточно близок к району п Кизнер

Фоновый уровень для растений определен по усредненным данным для исследуемых пород, отобранных в местах сбора почвенных образцов

Отбор проб почвенного покрова. Отбор проб осуществлялся из поверхностного слоя почв с охватом большей части города (с акцентом на селитебной части) Для анализа брались смешанные образцы, техника отбора образцов стандартная (Методические рекомендации , 1981, Важенин, Лучина, 1982, Вирченко и др , 1982, Методические рекомендации , 1987; Кузнецов, 1997, Методические рекомендации . , 1999)

Отбор почвенных проб по профилю, описание места закладки разреза, рельефа, растительного покрова, выделение и описание генетических горизонтов производились по общепринятым правилам (Инструкция, 1975, Классификация почв СССР, 1977, Морфологическая характеристика , 1997) Образцы отбирались для общей характеристики почв и для анализа на ТМ в виде средней смешанной пробы Инструменты, упаковка, требования к отбору и хранению аналогичны требованиям к поверхностным пробам

Отбор проб растительного покрова. Отбор растительных образцов – листьев древесных пород, осуществлялся в конце вегетационного периода 2004-2005 годов. Для характеристики сезонной динамики в накоплении ТМ в растениях были отобраны образцы в течение месяцев с мая по сентябрь с интервалом в 30 дней Из-за отсутствия систематизированных данных по распределению ТМ в отдельных видах, органах растений, в 2004-05 гг проведен отбор листьев доминирующих видов древесных пород в местах расположения разрезов в г Сарапуле - береза повислая (Betula pendula), клен ясенелистный (Acer negundo), липа сердцелистная (Tilia cordata), тополь бальзамический (Populus balsamifera), клен платановидный (Acer plathanoides), дуб обыкновенный (Querqus robur), в г Камбарке - береза повислая (Betula pendula), клен ясенелистный (Acer negundo), липа сердцелистная (Tilia cordata), ель обыкновенная (Picea excelsa), сосна обыкновенная (Pinus sylvestris) Образцы отбирались на нижних ветках взрослых деревьев и подросте, с указанием места отбора, расстояния от транспортных магистралей, вида, диаметра дерева, высоты взятия пробы Отбиралась смешанная проба с деревьев одного вида Отбор проводился в сухую погоду, как минимум после 3-х дней без осадков (дня

исключения занижения результатов за счет фиксируемого В Б Ильиным и М Д Степановой (1981) вымывания элементов) Выделение средней пробы соответствовало ГОСТ 27262-87 При работе учитывались соответствующие рекомендации (Методические рекомендации. , 1981, Ципленков и др , 1981, Обухов, Плеханова, 1991) В целом для исследований было отобрано 237 образцов растений в г. Сарапуле и 100 – в г Камбарке

Химический анализ почвенных и растительных образцов В почвенных *пробах* были определены следующие агрохимические показатели содержание органического вещества (гумуса) - по И В Тюрину в модификации В Н Симакова (ГОСТ 26213-91), обменная кислотность (pH) в растворе KCl - потенциометрически по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность (Н, ммоль-экв/100 г почвы) – потенциометрически - по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), сумма поглощенных оснований (S, ммоль-экв/100 г почвы) - по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), расчет степени насыщенности основаниями (V, %) - по сумме поглощенных оснований и гидролитической кислотности; содержание подвижных форм фосфора и калия (мг/кг почвы) по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91)

Содержание в почвах подвижных форм Mn, Fe, Cu и Zn определялось атомно-абсорбционным методом в 1 н HCl при соотношении почв и раствора 1 10 на приборе «Спектр-1". Выбор именно этой вытяжки обусловлен ее универсальностью Применение ее многими исследователями в течение значительного времени (Иванов, 1973; Зырин 1976, Коробий, 1977, Журавлева, 1978; Тихомиров, 1979, Ильин 1981,1988, Ринькис, Ноллендорф, 1982, Никифорова, 1991, Химическое загрязнение ,1991, Касимов, 1995, Кайгородова, 1996, Кадацкий 2001, Zheng, 1995 и др) позволяет сравнить и обобщить результаты **Относительная** агрессивность экстрагента позволяет определить не столько ближний резерв данных веществ, доступных растениям, но в большей части потенциально доступное количество ТМ, что особенно важно в целях мониторинга (Якушевская 1973, Собачкина, 1982, Ильин, 1985, 1988, 1991 и др)

Определение содержания элементов в растительном материале проводилось после озоления при температуре 450 0С и последующего растворения в 20% растворе HCl в соотношении массы навески к вытяжке 1·5

Аналитические результаты, полученные в ходе исследования, были обработаны с помощью пакета программ Excel, 97 (Дмитриев, 1995, Коросов, 1996, Рылова, 2005).

Исследования проводились в Лаборатории почвенной экологии УдГУ

3.2. Методика картографирования.

Особенности картографирования почвенного покрова, существовавшего ранее на территории города и сформированного к настоящему времени, определены спецификой городской среды В границах города есть территории с практически ненарушенными почвами, в их пределах классификация и

картографирование почв проводилась по стандартным методикам (Гаврилюк, 1963, Инструкция . , 1975, Классификация почв СССР, 1977, Афанасьева и др., 1979, Александрова и др , 1983, Евдокимова, 1987, 1988 и др)

Распределение разрезов на территории города определялось несколькими задачами в рамках исследования почвенного покрова необходимостью охарактеризовать преобразованность почвенного профиля в пределах города, выделить основные типы и виды почв с последующей их характеристикой, создать современную схему классификации городских почв - все это определило распределение разрезов Предварительная подготовка к полевой работе соответствовала рекомендациям (Хакимов и др , 1997, Методические рекомендации , 1999) Для картирования почв г Сарапула и г Камбарки в первую очередь были исследованы территории с почвами, сохранившими естественное сложение Были исследованы парки и лесопарки, искусственные насаждения Для этого были заложены разрезы и использовались естественные и искусственныеобнажения

В рамках поставленной задачи описано 112 почвенных профиля г Сарапула и 87 почвенных профилей г Камбарки В целом для картирования города отобрано 404 почвенные пробы поверхностных горизонтов и 693 образца из профилей в г Сарапуле и 287 почвенных проб поверхностных горизонтов и 335 образцов из профилей в г. Камбарке

Вследствие того, что большая часть города представлена преобразованными почвами, возникла проблема их классификации Данный вопрос для всех преобразованных почв стоит довольно остро, т к и за пределами города существуют сильно трансформированные почвы и на первом месте среди них преобразованные сельскохозяйственными работами Положение антропогенных преобразованных почв в современных классификациях до настоящего времени неопределенно

Группировка почв производилось в соответствии с классификацией М Н Строгановой и Н Г Агарковой (1992)

Каждый почвенный профиль описывался в соответствии с методическими указаниями по характеристике морфологического сложения почв (Кузнецов, 1997) Для характеристики морфологического сложения почв описывались следующие признаки тип почвенного профиля, мощность почвы и отдельных генетических горизонтов, окраска почвы, влажность, сложение, плотность, новообразования, включения, механический состав, карбонатность (вскипание от HCl), наличие корней растений, характер перехода от одного генетического горизонта к другому

Глава 4. Особенности трансформации почвенного покрова городов Сарапула и Камбарки и изменение условий функционирования растений

Морфологическая характеристика. В результате проведенных исследований на территории городов Сарапула и Камбарки выделены 4 блока

почв: естественные ненарушенные, естественные нарушенные поверхностно преобразованные (урбанопочвы), естественные нарушенные глубоко преобразованные (урбаноземы) и почвоподобные образования (урбанотехноземы).

При сравнении доли каждого типа почв от общей площади городов Сарапула и Камбарки видно, что в Сарапуле доминирующими являются антропогенные глубоко преобразованные почвы (урбаноземы), доля которых составляет 35%, в Камбарке – урбанопочвы, занимающие 67 % территории. Доля естественных ненарушенных почв больше в г. Камбарке, что видно на рис. 1(а,б).

Примечание: I-естественные почвы, II-комплекс антропогенных почв с преобладанием урбанопочв, III-комплекс антропогенных почв с преобладанием урбаноземов, IV-территория промышленных предприятий, V-некроземы

Рисунок 1. Карты-схемы современного почвенного покрова г. Сарапула (а) и г. Камбарки (б).

Для всех блоков почв обоих городов характерно переуплотнение корнеобитаемого слоя, уменьшение количества почвенных животных, снижение аэрации и влажности, что неблагоприятно сказывается на условиях функционирования растений.

Распространение блоков почв на территории городов и степень морфологической трансформации показывает их зависимость от площади города, численности населения, развития промышленно-транспортного комплекса.

В городе в результате антропогенной деятельности наблюдается изменение **агрохимической характеристики** почв. Агрохимическая трансформация почв обоих городов характеризуется увеличением показателей обменной

кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями и уменьшением значений гидролитической кислотности, содержания подвижного фосфора, обменного калия с увеличением степени нарушенности Анализ трансформации **агрохимических свойств** почв городов позволяет сделать вывод о том, что во всех блоках почв г Сарапула основные показатели выше, чем в аналогичных почвах г Камбарки

Данный факт можно объяснить, во-первых, более длительным и интенсивным антропогенным воздействием на почвенный покров г Сарапула, во - вторых, отличием механического состава почв городов В г Сарапуле преобладают почвы тяжелого гранулометрического состава, тогда как г Камбарка характеризуется доминированием супесчаных и песчаных почв

Антропогенная трансформация почв оказывает влияние не только на морфологические и агрохимические свойства, но и на содержание ТМ в них (табл 1)

Таблица 1

Содержание Zn, Cu, Mn и Fe в блоках городских почв г. Сарапула (1) и г. Камбарки (2)

Блоки почв	Cu, мг/кг		Zn, мг/кг		Mn, мг/кг		Fe, мг/кг	
	1	2	1	2	1	2	1	2
I	14,12	0,16	110,4	6,5	405	292	2347	2067
II	12,38	0,20	112,3	7,5	387	340	2255	2078
III	9,83	2,47	114,1	21,9	304	216	2104	2189
IV	11,79	1,57	91,0	13,5	241	96	2032	1843
V	19,50	6,20	155,0	49,0	303	216	2352	2163

Примечание I – Естественные почвы, II – урбанопочвы, III – урбаноземы, IV – экраноземы, V- урбанотехноземы (реплантоземы)

Четкая тенденция к снижению содержания ТМ с увеличением степени нарушенности почв в г Сарапуле наблюдается для марганца и железа за исключением реплантоземов, в которых концентрация названных элементов увеличивается Содержание цинка и меди увеличивается в нарушенных почвах Максимальное содержание меди, цинка и железа наблюдается в реплантоземах, что объясняется расположением данных почв в непосредственной близости к автомагистралям, а, следовательно, повышенным аэрогенным поступлением данных металлов с выхлопными газами автомобилей В г Камбарке концентрации Cu и Zn в почвах увеличиваются с повышением степени трансформации почв, Mn – снижаются В распределении железа не выявлено никаких закономерностей Уменьшение концентрации всех элементов наблюдается в экраноземах, что связано с запечатывающим эффектом асфальтового покрытия

Пространственное распределение ТМ в почвах г Сарапула и г Камбарки во многом зависит от положения почв относительно источников за-

грязнения. Высокие концентрации меди и цинка в почвах г. Сарапула приурочены к улицам Азина, К. Маркса, Раскольникова, Труда (Промышленный подрайон), где располагаются кожкомбинат, завод «Электробытприбор», завод имени Дзержинского, кондитерская фабрика и ряд других предприятий. Кроме того, улицы Азина и к. Маркса характеризуются большой интенсивностью движения автотранспорта, что также негативно сказывается на загрязнении почв медью и цинком (рис. 2 а,б).

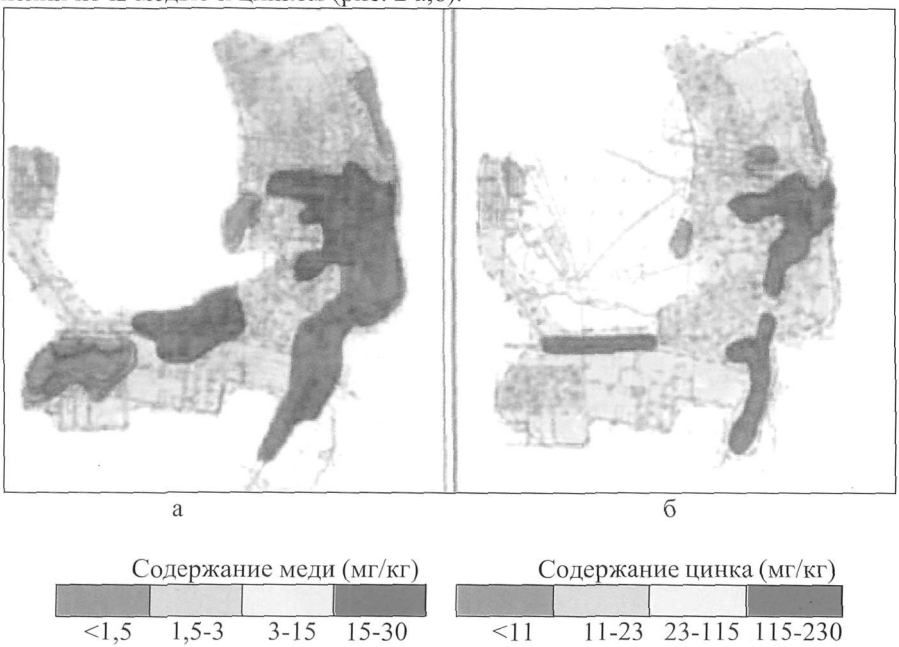
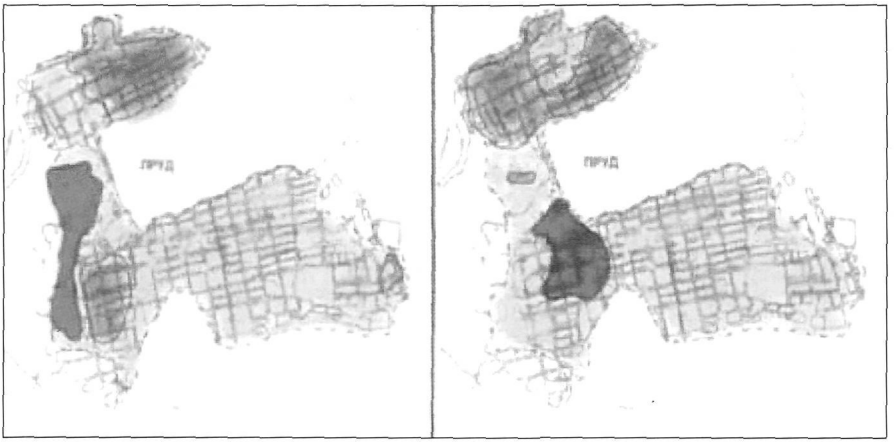


Рисунок 2. Содержание подвижных форм меди (а) и цинка (б) в почвах г. Сарапула.

Высокое содержание данного элемента фиксируется также в почвах по ул. Путейской и вдоль железнодорожного полотна. Наименее загрязненными являются почвы подрайона «Дачный», в котором отсутствуют промышленные предприятия. Данный район расположен на возвышенности, что препятствует распространению загрязняющих веществ от предприятий, расположенных в центральной и южной частях города. Невысокие значения содержания меди отмечаются также в почвах микрорайона «Элеконд», и района «Нагорный». Максимальное содержание марганца наблюдается в районе Ленинского парка (640 мг/кг), что вполне подтверждает факт о высокой биогенности марганца. Также это можно объяснить увеличением кислотности почв в лесных зонах.

Распределение подвижных форм Mn в почвах города характеризуется равномерным, спокойным характером. Трудно говорить о степени загрязненности почв г. Сарапула марганцем, так как в целом содержание его невелико. Загрязнение Mn характеризуется как низкое (150-300 мг/кг) и среднее (300-600 мг/кг). Самые высокие концентрации железа были обнаружены в почвах вблизи железнодорожного полотна, наименьшие – в почвах лесопарков Дачного подрайона и Нагорного района.

Повышенное содержание ТМ в г. Камбарке отмечается для почв поймы, что связано с высоким техногенным воздействием, поскольку данные почвы занимают крайне невыгодное положение между железнодорожным полотном и Камбарским машиностроительным заводом. Наибольшие значения концентраций подвижных форм элементов приурочены к центральной части города (ул. Советская, ул. Ленина, ул. Первомайская), в которой расположено большинство промышленных предприятий и наблюдается повышенная нагрузка автотранспорта, а также в районе завода газового оборудования. Наименее загрязненным исследуемыми элементами является Заплотинный район (рис.3 а,б).



а **б**

Содержание меди (мг/кг) Содержание цинка (мг/кг)

<1,5 1,5-3 >3 <11 11-23 >23

Рисунок 3. Содержание подвижных форм меди (а) и цинка (б) в почвах г. Камбарки

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что на большей части территории г Сарапула, в почвах поймы и центрального сквера г Камбарки превышены ПДК цинка и меди, что может объясняться как загрязнением почв от автомобильного и железнодорожного транспорта и перевозимых грузов, осаждением пылегазовых выбросов от предприятий г Камбарки и г Сарапула, так и колебаниями природного фона Для рассеивания загрязняющих веществ большое значение имеет также неблагоприятный характер ветрового режима, а также дифференциация территории по геоморфологическому строению и растительности, которая создает пестрый мозаичный характер радиационного баланса и, соответственно, неодинаковый характер геохимических процессов

Глава 5. Содержание тяжелых металлов (Cu, Mn, Zn, Fe) в древесных растениях г. Сарапула и г. Камбарки.

Распределение элементов в растениях, как и в почвах, зависит от многих факторов, важнейшим из которых является расположение растений относительно источников загрязнения Повышенные концентрации элементов в растениях г Сарапула приурочены к центральной и южной частям города (ул Азина, К Маркса, Ленина, Путейская), что связано с повышенной антропогенной нагрузкой и значительным поступлением ТМ в окружающую среду с выхлопными газами автомобилей и промышленных предприятий, сконцентрированных в данных районах Пространственное распространение элементов в растениях города Сарапула в основном соответствует распространению данных металлов в почвах В районах с повышенным содержанием металлов в почвах, как правило, наблюдается повышенное содержание их в растениях Однако для растений скверов в центре города, несмотря на высокое содержание железа в почве, характерно пониженное его содержание, что обусловлено, вероятно, снижением доступности данного элемента для растений вследствие образования труднорастворимых форм

Максимальное содержание меди в г Камбарке наблюдается в растениях, произрастающих в городских скверах вдоль улицы Советской вблизи Камбарского машиностроительного завода (2,34 мг/кг сухой массы), минимальное – в растениях, функционирующих вдоль железнодорожного полотна (1,75 мг/кг Городские скверы расположены в непосредственной близости к дорожному полотну, где наблюдается высокая интенсивность движения, поэтому повышенное содержание меди в растениях скверов можно объяснить ее поступлением с выхлопными газами автомобилей Содержание цинка, марганца и железа максимально в образцах растений, произрастающих на газонах вдоль улиц Ленина, Первомайская, Советская, К Маркса Минимальное содержание марганца отмечается в растениях Заплотинного района (69,67 мг/кг сухой массы) Невысокое содержание железа, несмотря на значительное содержание его в почве, характерно для растений городских скверов (347 мг/кг сухой массы) по ул Советской, железнодорожной насыпи (313 мг/кг

сухой массы) и лесного массива в Заплотинном районе (286 мкг/кг сухой массы)

Предельно допустимые концентрации элементов в растениях г Сарапула и г Камбарки не превышены

Большое значение в поглощении ТМ имеет **видовая принадлежность растений** Анализ 6 видов древесных пород г Сарапула выявил отличия в содержании данных элементов в них Максимальное содержание меди наблюдается в Acer plathanoides, высокое содержание отмечается также в Populus balsamifera и Quercus robur Наибольшее содержание цинка имеют образцы Betula pendula, наименьшее - Tilia cordata. Для Acer plathanoides характерно повышенное, по сравнению с другими породами, содержание марганца, для Tilia cordata – железа Фоновая концентрация цинка (11 мг/кг сухой массы), меди(0,64 мг/кг сухой массы) и железа (151,65 мг/кг сухой массы) превышена в растениях всех видов, марганца (138,31 мг/кг сухой массы) – в растениях Betula pendula, Acer plathanoides и Acer negundo

Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов в г Камбарке отмечены для Betula pendula по содержанию цинка (95, 5 мг/кг сухой массы) и марганца (194,03 мг/кг), а также для Pinus sylvestris и Picea excelsa. В образцах Pinus sylvestris прослеживается выраженное накопление железа (максимальное значение равно 1060 мг/кг) и меди К наименее накапливающим ТМ древесным породам относятся Tilia cordata и Acer negundo Среднее содержание ТМ превышает фоновые значения. меди – в растениях всех видов, за исключением Acer negundo, в 1,1-2,8 раза, цинка – в 1,3 –3,9 раз, кроме образцов Tilia cordata и Pinus sylvestris, железа – в растениях всех видов в 1,3 – 2 раза Фоновая концентрация марганца (177,5 мг/кг сухой массы) превышена лишь в образцах Betula pendula в 1,1 раза). Анализ растительности показал превышение фоновых концентраций для Fe в 51%, предельной - в 23% исследованных древесных пород (самое высокое значение превышает ПДК в 1,7 раза в образце Betula pendula), т е на территории города наблюдается положительная аномалия по железу Это может быть вызвано аэрогенным поступлением элемента. В образцах Betula pendula концентрация марганца выше, чем в остальных исследованных образцах древесных пород, максимальное значение выше предельной концентрации в 1,4 раза. На большинстве же территорий (85%) содержание Mn в растениях характеризуется как фоновое

Таким образом, среднее содержание ТМ для совокупности древесных пород г Сарапула и г Камбарки повышено по сравнению фоном

Сравнение распределения ТМ в 3 видах растений г Сарапула и г Камбарки выявило наличие ряда закономерностей (табл 2). Содержание цинка и марганца в обоих городах максимально в образцах Betula pendula, минимальное – в образцах Tilia cordata Концентрация меди имеет наибольшее значение в растительных образцах Tilia cordata В распределении железа по породам четких закономерностей для растений сравниваемых городов не выявлено

Сравнение содержания ТМ в древесных растениях городов Камбарки, Сарапула и Ижевска показывает увеличение концентраций элементов в растениях в ряду Камбарка-Сарапул-Ижевск (табл 2) Исключение составляет концентрация железа, наибольшее значение которой наблюдается в Tilia cordata и Acer negundo в г. Камбарке Данный факт объяснялся ранее

Таблица 2

Содержание ТМ в древесных растениях г. Камбарки (1), г. Сарапула (2) и г. Ижевска (3)

Виды растений	Zn, мг/кг сухой массы			Cu, мг/кг сухой массы		
	1	2	3	1	2	3
I	95,52	116,32	170	1,25	2,33	9,2
II	20,60	21,37	108	3,11	2,43	12,0
III	31,88	33,28	56	1,50	1,93	8,3
	Mn, мг/кг сухой массы			Fe, мг/кг сухой массы		
	1	2	3	1	2	3
I	149,90	194,03	198	400,65	163,70	621
II	98,24	75,03	199	432,75	379,90	338
III	149,81	80,29	51	437,32	290,83	414

Примечание I – Betula pendula, II - Tilia cordata, III – Acer negundo

В целом увеличение содержания ТМ в древесных растениях в данном ряду объясняется повышением антропогенной нагрузки вследствие увеличения численности населения, развития промышленно-транспортного комплекса

В последнее время в связи с высокой степенью загрязнения атмосферы приобретает **фолиарное поступление ТМ в растения.**

Результаты проведенных исследований позволяет сделать вывод о разной интенсивности поглощения изучаемых элементов листовой поверхностью растений Об этом можно судить по показателю отношения концентрации химического элемента в чистых листьях к его концентрации в запыленных листовых пластинках (табл 3,4)

Наибольшей способностью к поглощению элементов из воздуха, а, следовательно, к очищению атмосферы от тяжелых металлов, в г Сарапуле обладает Populus balsamifera, далее в порядке уменьшения Счист /Сзапыл следуют Qerqus robur, Acer plathanoides, Betula pendula, Acer negundo и Tilia cordata В г Камбарке лучшей способностью к поглощению элементов из воздуха обладает Pinus sylvestris, далее в порядке уменьшения С чист /С запыл следуют Picea excelsa, Betula pendula, Tilia cordata и Acer negundo Данный факт объясняется большой площадью листовой поверхности хвойных

пород и подтверждается данными Г.Д Ярославцева и М Ф Ефимова, согласно которым сосна обыкновенная обладает наивысшей степенью пылезадерживающей способности

Таблица 3

Показатель отношения С чист./С запыл. для листовых пластинок древесных пород г.Сарапула.

Виды растений	Медь	Цинк	Марганец	Железо	Среднее значение
Qerqus robur	0,85	1,49	0,16	0,89	0,85
Acer plathanoides	0,89	0,96	0,92	0,59	0,84
Betula pendula	0,97	0,95	0,56	0,77	0,81
Tilia cordata	0,98	0,96	0,03	0,50	0,61
Acer negundo	0,97	0,97	0,62	0,29	0,71
Populus balsamifera	0,99	0,99	0,61	0,96	0,89

Таблица 4

Показатели С чист./С запыл. для листовых пластинок древесных пород г.Камбарки.

Виды растений	Медь	Цинк	Марганец	Железо	Ср значение
Betula pendula	0,91	0,76	0,74	0,72	0,78
Tilia cordata	0,95	0,76	0,62	0,70	0,76
Acer negundo	0,92	0,73	0,72	0,33	0,68
Pinus sylvestris	0,96	0,94	0,77	0,74	0,85
Picea excelsa	0,96	0,93	0,75	0,73	0,84

В сезонном распределении исследуемых элементов в древесных породах г Сарапула выявлен ряд закономерностей Содержание железа закономерно увеличивается с мая по сентябрь Максимальное содержание меди и цинка наблюдается в июле Наибольшее накопление марганца наблюдается в июне Сезонное распределение ТМ зависит как от породы, так и от самого химического элемента. Наибольшее содержание меди наблюдается в августе в образцах Betula pendula и Tilia cordata, в июле – в Quercus robur и Populus balsamifera, в мае – в образцах Acer platanoides и Acer negundo Наибольшее содержание цинка во всех породах характерно для летних месяцев Максимальное накопление марганца в 4 породах наблюдается в августе и в сентябре В сезонном распределении железа в древесных породах не выявлено никаких закономерностей максимальное содержание данного элемента наблюдается в разных породах с мая по сентябрь

Глава 6. Взаимосвязь между содержанием ТМ в почве, атмосфере и растениях

Содержание элементов в растении зависит от комплекса факторов Одним из важнейших факторов, влияющих на концентрацию подвижных форм элементов, является их содержание в почве Как правило, при повышенном содержании элементов в почве наблюдается увеличение их концентрации в растении. Однако результаты наших исследований показывают, что данная закономерность прослеживается не всегда Данный факт объясняется тем, что с повышением концентрации одноименно заряженных ионов снижается их подвижность, а, следовательно, доступность для растений вследствие действия правила растворимости Причиной данного явления может служить также толерантность растений к повышенному содержанию ТМ в почве.

Поступление элементов в растение во многом зависит не только от концентрации их в почве, но и от реакции среды (pH), содержания органического вещества (С орг) и элементов питания

Большое влияние на доступность металлов растениями оказывает содержание фосфора, который является антагонистом цинка и меди и снижает активность поступления этих элементов в растения Результаты наших исследований подтверждают данные многих авторов об отрицательном влиянии фосфора на доступность элементов растениям (Чумаков, 1983, Moraghan, 1984, rao et al, 1985,Kadar,1986, Peneva, Zaharieva, 1986) Отрицательные корреляции, полученные в результате анализа зависимости поглощения марганца и железа растениями от содержания фосфора в почве, позволяют сделать вывод о снижении их доступности для растений с увеличением концентрации фосфора.

Органическое вещество почвы также играет большую роль в снижении доступности ТМ для растений (Рэуце, Кырстя, 1986)

Увеличение обменной кислотности (pH) приводит к снижению содержания ТМ в растении, о чем свидетельствуют отрицательные корреляции между данными показателями для большинства металлов

Активность поступления в растения цинка снижает и медь (r= - 0,22 (г Сарапул) и r= - 0,34 (г Камбарка)), что согласуется с результатами исследований ряда авторов (Ягодин, Муравин, 1983, Кукушкин, 1987)

Содержание металлов в растениях в большой степени зависит не только от поступления их из почвы, но и от фолиарного поступления из атмосферы Результаты сравнения среднего содержания элементов в чистых и запыленных образцах листьев растений г Сарапула и г Камбарки свидетельствуют, что концентрации всех элементов, за исключением Fe, как в чистых, так и в запыленных образцах растений г Сарапула выше, чем г. Камбарки Данный факт позволяет сделать вывод о более высокой степени загрязнения атмосферы г Сарапула этими элементами в связи с повышенной техногенной нагрузкой по сравнению с г Камбаркой Однако содержание железа в листьях растений г Камбарки выше, что можно объяснить комплексным воздействи-

ем на атмосферу города заводов «Металлист» и «КМЗ» и выбросов железнодорожного транспорта, который проходит по находящейся в непосредственной близости железной дороге Данные объекты сконцентрированы в центре города и рассеивают выбросы на всю территорию г Камбарки

Отношения С чист /С запыл , по которым можно судить о способности растений поглощать тот или иной элемент, выше для растений г. Сарапула по цинку и меди, для г Камбарки – по железу и марганцу

Сравнивая способность растений к корневому поглощению элементов из почвы и к фолиарному поступлению, можно заметить, что для большинства пород характерна большая способность к поглощению листьями, что подтверждает данные исследований о все большем значении фолиарного поглощения в условиях нарастающего техногенного воздействия Однако для растений г Камбарки преимущественным в поглощении меди и цинка является корневое поглощение, о чем свидетельствуют большие значения коэффициента поглощения из почвы по сравнению со значением отношения С чист /С запыл данный факт можно объяснить повышенной кислотностью почв, благодаря чему ТМ переходят в подвижные формы и становятся более доступными для растений

Необходимо отметить, что способность растений к поглощению элементов зависит от видовой принадлежности Так, для Betula pendula в обоих городах характерно преобладание корневого поглощения Zn, Cu и Mn Для всех видов растений характерно преимущественное фолиарное поступление Fe

Таким образом, растения большинства видов используют фолиарный путь поступления элементов, однако большую роль играет также степень антропогенной нагрузки, видовая специфичность и свойства самого элемента.

Выводы

1 В пределах исследуемых городов в соответствии с классификацией М Н Строгановой и Н Г Агарковой (1992) выделены естественные ненарушенные (17% в Сарапуле, 21% - в Камбарке), антропогенные поверхностно преобразованные (урбанопочвы) (35% и 66% соответственно), антропогенные глубоко преобразованные почвы (урбаноземы) (44% и 10%) и почвоподобные образования – урбанотехноземы (4% и 1%) Выявлена зависимость распространения типов почв от возраста города, численности населения, степени развития промышленно-транспортного комплекса

2 Агрохимическая трансформация городских почв характеризуется увеличением показателей обменной кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями и уменьшением значений гидролитической кислотности, содержания подвижного фосфора, обменного калия и органического вещества с увеличением степени нарушенности

3 Степень антропогенной трансформации почв г Сарапула и г Камбарки влияет на распределение в них изучаемых элементов Четкая тенденция

к снижению содержания с увеличением степени нарушенности почв наблюдается для марганца и железа за исключением реплантоземов Для цинка характерно увеличение концентрации с увеличением степени преобразованности почв В распределении меди не выявлено никаких закономерностей Содержание Zn и Cu во всех блоках почв превышает фоновое значение

4 Содержание ТМ в почвах и древесных растениях связано с удаленностью их от источников выбросов В почвах и растениях г Сарапула и г Камбарки превышены фоновые концентрации меди, цинка и железа Транспорт оказывает значительное влияние как на городские почвы, так и на растения, доказательством чего служит высокое содержание Cu, Zn и Fe в них в пределах придорожных территорий

5 Распределение элементов в растениях видоспецифично В г Сарапуле максимальное содержание меди наблюдается в Acer plathanoides, высокое содержание отмечается также в Populus balsamifera и Quercus robur Наибольшее содержание цинка имеют образцы Betula pendula, наименьшее - Tilia cordata Для Acer plathanoides характерно повышенное, по сравнению с другими породами, содержание марганца, для Tilia cordata – железа Несмотря на то, что ПДК элементов не превышены, в растениях всех видов превышена фоновая концентрация цинка (77 мг/кг сухой массы), меди (0,64 мг/кг сухой массы) и железа (163 мг/кг сухой массы), в растениях Betula pendula, Acer plathanoides и Acer negundo – марганца (138 мг/кг сухой массы) Наиболее высокие концентрации ТМ в г Камбарке отмечены для Betula pendula по цинку и марганцу, для Pinus sylvestris - по железу и меди Tilia cordata и Acer negundo стоит отметить как наименее накапливающие ТМ древесные породы Высокие концентрации цинка в почвах,даже максимальные значения, близкие к ПДК, не приводят к значительному накоплению данного элемента в растениях

6 Значительное влияние на содержание ТМ в растениях имеет фолиарное поглощение Наибольшей способностью к поглощению элементов из воздуха, а, следовательно, к очищению атмосферы, в г Сарапуле обладает Populus balsamifera, в Камбарке - Pinus sylvestris и Picea abies. Фолиарное поглощение ТМ зависит от биодоступности элементов, поступающих из воздушных источников через листья, а также от видовой принадлежности растений

7 Сезонная динамика распределения меди, цинка, железа и марганца в растениях г Сарапула в большой степени зависит как от свойств металла, так от видовой принадлежности растений Даже в пределах одного рода Acer имеются существенные различия в сезонном распределении ТМ

8 Почвы и растения г Сарапула характеризуются более высоким содержанием ТМ, чем в г Камбарке, что обусловлено большей насыщенностью г Сарапула промышленными предприятиями, транспортными средствами и более длительным их воздействием на городской ландшафт, особенностями гранулометрического состава почв и видом почвообразующих пород, повы-

шенным фоновым содержанием элементов в почвах и растениях г Сарапула по сравнению с г Камбаркой

9 Концентрация ТМ в растениях зависит от комплекса факторов, важнейшими из которых являются их содержание в почве, химические и биологические свойства почвы, наличие металлов-антагонистов в почве и растениях, содержание в атмосфере Установлено, что загрязнение металлами почвы и атмосферы не всегда приводит к повышенному содержанию элементов в растениях, что обусловлено высокой степенью толерантности, с одной стороны, и снижением доступности ТМ для растений с увеличением концентрации вследствие образования труднорастворимых форм, с другой

10 В целом экологическая обстановка по состоянию почв и растений городов Сарапула и Камбарки соответствует требуемым нормам, однако для почв имеются негативные тенденции. на значительной части исследованной территории города Сарапула и в центральной части г Камбарки превышена предельно допустимая концентрация подвижных форм Zn (23 мг/кг) и Cu (3 мг/кг) Превышение ПДК меди и цинка в данном случае могут объясняться как загрязнением почв от автомобильного и железнодорожного транспорта и перевозимых грузов, осаждением пылегазовых выбросов от предприятий г Сарапула и г Камбарки, так и колебаниями природного фона.

Рекомендации

1 Для создания экологического каркаса защиты здоровья людей от последствий загрязнения рекомендуется озеленение улиц древесными растениями

2 Для усиления защитного действия зеленых насаждений необходимо создавать разновидовые насаждения вдоль объектов, представляющих опасность техногенных выбросов ТМ, поскольку поглощение ТМ видо- и элементоспецифично Растения улавливают часть загрязнения, локализуя его в узкой полосе, и таким образом рассеивают неабсорбированную часть загрязнения на большую площадь, предотвращая тем самым концентрирование загрязняющих веществ у дорог в опасных количествах

3 Особое внимание при озеленении, планировании и строительстве детских, медицинских и оздоровительных учреждений следует обратить на районы ул Азина, К. Маркса, Путейской в г Сарапуле и районы ул Ленина, Советская, Первомайская в г. Камбарке, поскольку они являются наиболее загрязненными ТМ.

4. Результаты данных исследований могут служить основой для мониторинга окружающей среды городов Сарапула и Камбарки

Основные публикации по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ·

Никитенко М.А. Видовая специфика поглощения тяжелых металлов (Cu, Zn, Mn и Fe)древесными растениями г Камбарки Удмуртской Республики // Вестник ИжГТУ Вып 2 (34), 2007 С 158-159

Публикации в периодических изданиях, сборниках и материалах конференций

Рылова Н.Г., Никитенко М.А., Кузнецов М.Ф Насыпные почвы городов Среднего Предуралья (на примере Ижевска и Сарапула)//Вестник Удм ун-та Сер Науки о земле 2003 С 45-50

Никитенко М.А. Изменение агрохимических свойств почв в условиях малого промышленного города (на примере г Камбарка Удмуртской Республики) //Инновационная экономика и региональное инновационно-устойчивое развитие Экологические аспекты регионального инновационно-устойчивого развития. Материалы Всерос Науч -практ Конф Чебоксары Изд-во Чуваш Ун-та, 2006. С 161-164.

Никитенко М.А Влияние урбанизации на содержание тяжелых металлов (Zn, Cu, Mn, Fe) в почвах города Сарапула Удмуртской Республики //Инновационная экономика и региональное инновационно-устойчивое развитие Экологические аспекты регионального инновационно-устойчивого развития. Материалы Всерос Науч -практ Конф Чебоксары Изд-во Чуваш Ун-та, 2006 С 164-167.

Никитенко М.А. Содержание цинка, меди, марганца и железа в древесных растениях в условиях малого промышленного города (на примере г Сарапула Удмуртской Республики)// Электронный журнал «Исследовано в России», 017/070201 С 180-183
http //zhurnal ape relarn ru/articles/2007/017 pdf

Отпечатано с готовых фотоформ
в МУП г Сарапула «Сарапульская типография»
Заказ № 3700, тираж 100