

ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»

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

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор Кузнецов М.Ф.

Ижевск - 2007

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РЕЗУЛЬТАТЕ УРБАНИЗАЦИИ. ....	10
1.1. Многообразие природных и антропогенных почв в городе.....	10
1.2. Почва как функциональный блок городской экосистемы.....	14
1.3. Особенности растительного покрова города.....	15
1.4. Содержание ТМ в почвах и растениях. ....	16
1.5. Приемы детоксикации избыточного содержания техногенных ТМ в почве.....	32
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
2.1. Социально-экономическая характеристика г. Сарапула и г. Камбарки.....	36
2.2. Природные условия. ....	40
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	50
3.1. Сбор и химический анализ почвенных и ботанических образцов. ....	50
3.2. Методика картографирования. ....	53
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДОВ САРАПУЛА И КАМБАРКИ И ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ.....	57
4.1. Морфологическая трансформация почв.....	57
4.1.1. Морфологическая трансформация почв города Сарапула.....	57
4.1.2. Морфологическая трансформация почв г. Камбарки. ....	62
4.2. Трансформация агрохимических показателей почв г. Сарапула. ....	65
4.3. Агрохимическая характеристика почв г. Камбарки.....	69
4.4. Характеристика загрязнения почв тяжелыми металлами (Cu, Mn, Zn, Fe).....	72
4.4.1. Загрязнение почв г. Сарапула ТМ в зависимости от степени нарушенности естественного сложения.....	72
4.4.2. Загрязнение почв г. Камбарки ТМ в зависимости от степени нарушенности.....	74

4.4.3. Пространственное распределение ТМ в почвах г. Сарапула.....	76
4.4.4. Пространственное распределение ТМ в почвах г. Камбарки.....	81
4.5. Сравнительный анализ трансформации свойств почв гг. Сарапула и Камбарки.....	86
<b>ГЛАВА 5. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Mn, Zn, Fe) В ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЯХ Г. САРАПУЛА И Г. КАМБАРКИ.</b> .....	<b>92</b>
5.1. Пространственный анализ распределения Zn, Cu, Mn и Fe в древесных растениях городов.....	92
5.1.1. Пространственный анализ распределения ТМ в растениях города Сарапула. ....	92
5.1.2. Пространственный анализ распределения ТМ в растениях города Камбарки.....	93
5.2. Видовая специфика распределения ТМ в древесных породах. ....	95
5.2.1. Видовая специфика распределения ТМ в древесных породах г. Сарапула.....	95
5.2.2. Видовая специфика распределения ТМ в древесных породах г. Камбарки.....	98
5.3. Фолиарное поступление ТМ в древесные растения гг. Сарапула и Камбарки.....	100
5.3.1. Фолиарное поступление ТМ в древесные растения г. Сарапула.....	101
5.3.2. Фолиарное поступление ТМ в древесные растения г. Камбарки.....	103
5.4. Сезонная динамика содержания ТМ в древесных породах г. Сарапула.....	104
5.5. Сравнительный анализ содержания ТМ в древесных породах г. Сарапула и г. Камбарки.....	111
<b>ГЛАВА 6. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ТМ В ПОЧВЕ, АТМОСФЕРЕ И РАСТЕНИЯХ.</b> .....	<b>114</b>
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	<b>118</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	<b>120</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>122</b>

Приложение 1. Морфологическая характеристика почв городов Сарапула и Камбарки

Приложение 2. Статистическая обработка результатов

Приложение 3. Однофакторный дисперсионный анализ

Приложение 4. Корреляционный анализ данных

## **ВВЕДЕНИЕ.**

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

Прогрессирующее воздействие хозяйственной деятельности человека на природную среду достигли уровня, при котором происходят существенные изменения в морфологии почвенного покрова, химическом составе почв и растений обширных территорий.

В мировой науке и практике уделяется всестороннее внимание исследованию урбанизированной среды как среды обитания человека. Важнейшим правом человека является право на жизнь в благоприятной для его здоровья окружающей среде, поэтому экологическая проблематика включена сегодня в программы действий всех авторитетных международных организаций общемирового уровня: ЮНЕСКО, ЮНЕП, Международного союза охраны природы (МСОП) и др.

В Российской Федерации большое значение для комплекса проблем окружающей человека среды имеет Закон «Об охране окружающей природной среды», который предусматривает организацию экологического контроля над состоянием окружающей природной среды, над уровнем загрязнения атмосферного воздуха, водоемов, почв и последствиями этих загрязнений для растений, животных и человека. Использование атмосферного воздуха и почв регулируют также Правила контроля качества воздуха населенных пунктов, Правила установления допустимых выбросов вредными предприятиями, постановление Правительства РФ «О мониторинге земель».

Удмуртия – промышленно развитая республика, для которой проблема изучения городской среды также актуальна. В 1997 году было принято постановление Правительства УР «О системе экологического мониторинга на территории Удмуртской Республики», целью которого является обеспечение экологической безопасности социально-экономического развития региона и

оценка опасности загрязнения окружающей среды по показателям содержания загрязняющих веществ. Если изучением состояния атмосферного воздуха в городах занимается Удмуртский Гидрометцентр, то почвенному покрову городов обращается недостаточно внимания. Между тем процессы, происходящие в почвах городских территорий, имеют значение в формировании общих условий городской жизни, которые в конечном итоге отражаются на здоровье городского жителя. Следует отметить, что вопросами геохимического исследования городов России начали заниматься с 1976 года под руководством Ю. Е. Саета, а проблемы морфологического строения, изменения в процессах почвообразования и классификации городских почв начали разрабатываться только в самое последнее время.

Несмотря на то, что древесные растения наряду с почвой играют важную роль в поглощении тяжелых металлов, поступающих от стационарных и передвижных источников загрязнения, а, следовательно, имеют значение для здоровья человека, до настоящего времени не организованы полномасштабные исследования растений, функционирующих в пределах города. Поэтому проблема изучения древесных растений в городе остается весьма актуальной.

Таким образом, 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. Изучение природной среды Сарапульского и Камбарского районов проводилось 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 расте-

ний 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, 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 фоллиарного поглощения элементов из атмосферы с целью очищения атмосферного воздуха от тяжелых металлов;
5. Сравнить трансформацию и степень загрязнения почв и растений в условиях городов Сарапула и Камбарки;
6. Установить взаимосвязь между содержанием ТМ в почве, атмосфере и
7. 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 и агрохимических свойств почв, степень которой зависит как от возраста города, так и развития транспортно-промышленного комплекса; определено пространственное содержание и концентрация ТМ в городских почвах разной степени нарушенности; выявлена видовая специфика, сезонная динамика накопления ТМ в растениях; рассмотрено фоллиарное поглощение элементов растениями городов Сарапула и Камбарки; проведено сравнение степени трансформации почв и условий функционирования растений на территории данных городов; выявлена зави-

симость 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), ежегодных научных конференциях преподавателей и сотрудников УдГУ (2003-2005).

**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 нарушенности естественного сложения почв.
2. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях городов Сарапула и Камбарки зависит от особенностей использования территории и от расположения 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 разнородные 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.

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

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, включающего 235 источников, в том числе 18 на иностранных языках, и четырех приложений. Основной текст изложен на 143 страницах, иллюстрирован 14 рисунками и 22 таблицами.

Автор выражает благодарность к.б.н. Рыловой Н.Г., инженерам Лаборатории почвенной экологии УдГУ Сидоровой О.В. и Константиновой А.С., Шайхутдинову Р.В., Кашигину С.В., Купцову В.И. за помощь в выполнении работы.

## **ГЛАВА 1. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РЕЗУЛЬТАТЕ УРБАНИЗАЦИИ.**

### **1.1. Многообразие природных и антропогенных почв в городе.**

Рост и формирование городских агломераций сопровождается значительными перестройками окружающей среды (Рылова, 2003). Современный город представляет собой сложный организм, в котором взаимодействуют различные виды человеческой деятельности, элементы материальной основы и последствия воздействий человека на окружающую природную среду (Котлов, 1977).

Процессы строительства и эксплуатации зданий и сооружений, работы по благоустройству города, производственная и хозяйственная деятельность человека в городах сопровождаются изменениями природных условий, преобразованием ландшафта местности (Котлов, 1967, Лаппо, 1997). В условиях современного промышленного города претерпевают значительные изменения все компоненты ландшафта: атмосфера (изменение газового состава, аномалии температур, осадков, скоростей и направлений ветра); гидросфера (загрязнение вод, изменение режима поверхностного и подземного стока, создание искусственных водоемов, бетонирование берегов, повышение уровня грунтовых вод за счет перекрытия фундаментами грунтовых потоков); почвы (нарушения при строительных работах, создание искусственных грунтов путем насыпания и намыва); рельеф (планирование поверхностей, застройка, в т.ч. высотная); почва; биота (резкое обеднение флоры и фауны (Природные ресурсы и экология Удмуртии, 1995).

В результате формируется специфическая природно-городская экосистема, или урбаноэкосистема, которая характеризуется возникновением новых типов искусственно созданных систем в результате деградации, уничтожения и замещения природных систем.

Важнейшим компонентом урбаноэкосистемы является почва, которая значительно трансформируется в условиях города.

Впервые понятие "городские почвы" было введено Vockheim F. (США) в 1974 г. Строганова М.Н., Агаркова М.Г. (1992) определяют городские почвы как почвы, имеющие созданный человеком поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемешиванием, насыпанием, погребением или загрязнением материалами урбаногенного происхождения (строительно-бытовой мусор).

Рассмотрение научной литературы показывает, что существует несколько диагностических признаков для почв, сформированных в результате деятельности человека. Классификация городских почв составляется на принципах как морфологического профиля, так и по характеру субстрата, по происхождению и стадиям развития.

В американской классификации почв антропогенно измененные почвы, куда могут быть включены некоторые городские почвы, выделяются на уровне подпорядков в двух порядках:

1. Порядок Энтисоли (Entisols) (подпорядки ортенты и удортенты).
2. Порядок Инсептисоли (Inseptisols).

Также на уровне порядка выделяются Потисоли (потенциальные почвы), которые могут служить базисом для произрастания растений после рекультивации (Bridges , 1989; Blume, 1990).

Почвенная служба Англии и Уэльса в классификации нарушенных почв создала большую почвенную группу, названную " почвы, созданные человеком". Она подразделяется на группу гумусированных почв и группу нарушенных почв, почвы территории открытых угольных, железнодорожных и фосфоритных месторождений.

Югославский исследователь Г. Антонович (1986) не только разработал для своей национальной классификации раздел " Поврежденные почвы", но и предложил несколько классификационных схем для почв, загрязненных различными веществами, но не нарушенных физически (Аэросоли) (цит. по "Почва. Город. Экология", 1997).

В основу выделения таксономических единиц почв Варшавской агломерации положены изменения биологических, физических, физико-химических и химических свойств почвенного субстрата, произошедшее в результате воздействия города. Б. Червинский и Н. Пракц (2000) выделяют 3 категории почв: механически трансформированные; рыхлые слои, покрывающие естественную поверхность; химически трансформированные. Они подразделяются по характеру механических и химических трансформаций, генезису и свойствам рыхлых слоев.

Рабочая группа Немецкого общества почвоведов (1989) опубликовала доклад, где ввела в классификацию новую таксономическую единицу – Урбиковые Антросоли, которые включают субстраты, образуемые в результате человеческой деятельности. Предлагается комбинировать происхождение и стадии развития городских и индустриальных почв (цит. по "Почва,...,1997).

В последние годы у нас и за рубежом появились новые классификационные подходы и разработки в отношении антропогенно преобразованных почв, исходящие из того, что мощные антропогенные нагрузки могут приводить к образованию естественно-антропогенных почвенных и почвоподобных тел (Геннадиев, Солнцева, Герасимова, 1992, Келеберда, Другов, 1983, Солнцева, Герасимова, Рубилина, 1990, Соколов, 1991).

И. И. Лебедева с сотрудниками (1993) классифицируют антропогенно преобразованные почвы и почвоподобные почвенные образования в общей системе с естественными почвами. Но классификация И. И. Лебедевой касается всех антропогенно преобразованных почв.

Более близка к проблеме классификации городских почв классификация антропогенно преобразованных почв и почвоподобных поверхностных образований, предложенная группой сотрудников Почвенного института им. В. В. Докучаева, явившаяся итогом обобщения многолетних работ ученых из России и стран СНГ, вписывающаяся в общую классификацию почв России (Строганова, Мягкова, 1992)

Классификация основана на особенностях профильно-генетического (морфологического) строения почвенного профиля как достаточно простого и универсального подхода, а также на характере почвообразующих пород и грунтов. Данная классификация разработана для почв городов средней полосы России.

Все почвы города разделяются на группы почв: естественных ненарушенных, естественно-антропогенных поверхностно преобразованных (естественных нарушенных), антропогенных глубоко преобразованных урбаноземов и техногенных поверхностных почвоподобных образований – урботехноземов.

Основным отличием городских почв от природных является наличие диагностического горизонта "урбик". Это поверхностный насыпной, перемешанный горизонт, часть культурного слоя с примесью антропогенных включений более 5 % мощностью более 5 см.

#### **Свойства городских почв.**

В условиях города изменяются морфологические, агрохимические, вводно-физические свойства почв.

Морфологические свойства почв рассматриваются редко. Такие исследования известны для Ярославля (Рохмистров, 1985), Москвы (Строганова, 1992, 1997; Прокофьева, 1994; Александровский, 1997), Калининграда (Салихова, 2001).

Исследователи отмечают, что существенное место в профилях почв городов занимает насыпной грунт (Рохмистров, Иванова, 1985, Агаркова, Целищева, Строганова, 1991). В целом для города характерно переуплотнение корнеобитаемого слоя, захламливание поверхности, ухудшение почвенно-гидрологических условий (Строганова, 1997).

Трансформация агрохимических свойств проявляется в смещении реакции среды в щелочную сторону (Рохмистров, Иванова, 1985; Строганова, Агаркова, 1992; Большаков и др., 1993; Хакимов, 1998; Александрова, 2001; Коломыц, Розерберг и др., 2001), изменению в благоприятную сторону со-

держания фосфора, органического вещества, микроэлементов (Земляницкий, Баширова, 1966, Александровская, 1998).

## **1.2. Почва как функциональный блок городской экосистемы.**

Городские почвы выполняют разнообразные экологические функции, главными из которых являются: пригодность для произрастания зеленых насаждений, способность сорбировать в толще загрязняющие вещества и удерживать их от проникновения в почвенно-грунтовые воды, а также от поступления пыли в городской воздух.

Роль почвы в городе существенна и разнообразна. Выполняя важные средообразующие функции, почва изменяет химический состав атмосферных осадков и подземных вод, она является универсальным биологическим сорбентом, поставщиком и регулятором содержания  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  в воздухе.

Почва в городе является хорошим поглотительным барьером газовых примесей, в том числе от автотранспорта, ТЭЦ, заводов и т. д., она также регулирует газовый состав атмосферы путем поглощения и выделения почвой газов (метан, аммиак, углекислый газ и т. д.).

Благодаря определенным биогеохимическим свойствам и огромной активной поверхности тонкодисперсной части почва превращается в "депо" токсических соединений и одновременно становится одним из важнейших биогеохимических барьеров для большинства соединений (тяжелые металлы, минеральные удобрения, пестициды, нефтепродукты) на пути их миграции из атмосферы города в грунтовые воды и речную сеть. Почва переводит поверхностные воды в грунтовые и их очищает, а также выполняет функцию защитного сорбционного барьера от загрязнения пресных вод и водоемов.

В крупных городах и промышленных центрах до 70-90 % поверхности почвы запечатано асфальтобетоном или жилыми и промышленными постройками, следствием чего большая доля загрязненных осадков минует почвенное тело и непосредственно уходит через канализацию в водоемы и речную сеть. Одним из негативных последствий, создающимся в результате за-

печатывания почвы, является парниковый эффект. Без естественной аэрации происходит переувлажнение почвы, что способствует повышению влажности в подвалах и разрушению фундаментов. В результате страдает здоровье жителей нижних этажей: наблюдается повышенная влажность помещения, развитие патогенной и грибковой микрофлоры, борьба с которой практически невозможна.

Антропогенные нарушения почвенного покрова приводят к серьезным нарушениям и деградации всего природного комплекса, что в конечном итоге создает угрозу здоровью и жизни человека в городе (Почва, ..., 1997).

### **1.3. Особенности растительного покрова города.**

Важную роль в функционировании урбаноэкосистемы играют растения, которые являются одним из главных факторов почвообразования, а также имеют большое значение в жизни человека. Растения в городе, как и почвы, претерпевают большие изменения.

Огромный рост потока машин, все возрастающее количество выхлопных газов и увеличивающийся объем утечки масел и горючего оказывают пагубное воздействие на состояние зеленых насаждений в черте города и пригородах. В результате наблюдается сокращение площади лесов и антропогенная перестройка растительных формаций. Создаются совершенно новые по породному составу, структуре и функциональным особенностям культурные растительные сообщества.

Общая площадь озелененных территорий в городах России составляет более 1,3 млн га, т. е. около 25 % всех городских земель. Следовательно, на одного городского жителя приходится 10 м<sup>2</sup> зеленых насаждений, что вдвое ниже нормы (20 м<sup>2</sup>). Во многих городах этот показатель не достигает и 5 м<sup>2</sup> на человека. При этом большинство зеленых насаждений имеет критический в городских условиях возраст – 40 лет.

Городская флора формируется из местных аборигенных видов и интродуцированных привнесенных, заносных видов. Г. Сукопп с соавторами

(1978) отмечает, что в растительном покрове городов преобладают антропо-толерантные виды, приспособленные к "тепловому острову" большого города и зависящие от него. Особенности городской флоры являются: богатство флористического состава – изначально обусловленное экотонным эффектом, связанное с граничным положением города и его окрестностей; традиционная интродукция видов, флористическая неоднородность города, обусловленная его экологической, географической и возрастной неоднородностью (Почва,...,1997).

М. Е. Игнатьева (1993) разработала классификацию городских растительных сообществ, используя термин "урбанофитоценоз" (УФЦ). В основу ее положены происхождение УФЦ и доминирующая жизненная форма растений, что дает представление об их разнообразии. Экологические различия данных природных комплексов очень значительны. Полнее всего свойства природных комплексов наблюдаются в городских лесах, лесопарках и старых парках, в которых сохраняется естественный биологический круговорот, хотя он и управляется человеком. Остальные типы урбанофитоценозов характеризуются, как правило, искусственно сажеными растительными сообществами, и экологическое их функционирование в большей степени определяется вкладом человека: удаление опавшей листвы, внесение органо-минеральных удобрений и т. д. Наихудшими условиями произрастания характеризуются деревья в лунках, со всех сторон окруженных асфальтом. Краевой ожог листьев, снижение декоративности, изменение морфологических признаков строения связываются с неблагоприятными воздушными и, особенно, с почвенными условиями (цит. по "Почва,...",1997).

#### **1.4. Содержание ТМ в почвах и растениях.**

В условиях нарастающего ухудшения экологической ситуации все большее внимание привлекает проблема загрязнения биосферы тяжелыми металлами. Поступая из различных источников, тяжелые металлы способны



накапливаться в почвах в концентрациях, превышающих фоновый уровень (Орлов, 1991; Плеханова, 2000, Геблоева, 2001, Ильин, Сысо, 2001)

Тяжелые металлы попадают в атмосферу в составе газообразных выделений и дымов, а также в виде техногенной пыли. С дождевой водой они попадают в почву, которая в силу ярко выраженной поглотительной способности очень хорошо удерживает положительно заряженные ионы металлов. Постоянное поступление их даже в малых количествах может привести к постоянному накоплению металлов в почве (Дзаноков, 2001). Газопылевые выбросы предприятий и автотранспорта создают мощные техногенные потоки токсичных веществ, в том числе ТМ на поверхность почв и растений, вызывая их загрязнение. При этом почвы являются биогеохимическим барьером, который поглощает тонкодисперсные вещества и газы, поступающие из атмосферы, одновременно очищая другие природные среды (воды, воздух). Являясь накопителями техногенных веществ, почвы могут стать вторичным источником загрязнения воздуха, растений и природных вод, что может вызывать нарастание экологически опасных последствий, создающих угрозу для здоровья человека. Поэтому мониторинг состояния городской среды должен включать не только контроль над современным содержанием и формами соединений ТМ в почвах, но и оценку тенденций изменений в уровнях загрязнения почв и их последствий для городской среды как среды обитания человека (Орлов, 1991; Бясов и др. 2001; Плеханова, 2001).

В результате интенсивного движения транспорта вдоль автомагистралей образуются своеобразные техногенные аномалии. Почвы придорожной зоны содержат цинка и меди в несколько десятков и даже сотен раз больше, чем почвы, удаленные от автомагистралей. В придорожной полосе накопление ТМ в кормовых и овощных растениях часто достигает уровня, оказывающего вредное влияние на организм человека и животных (Шарковскис, Никодемус, 1989).

Не все количество тяжелых металлов, содержащихся в выбросах, достигает земной поверхности. Некоторая их часть в составе аэрозолей долгое

время пребывает в воздушном пространстве. Сюда же возможно поступление пылеватых частиц, выдуваемых из загрязненной почвы, что увеличивает атмосферный пул ТМ.

Таким образом, в городах имеется два основных местонахождения избыточных химических элементов – воздух и почва.

Как свидетельствуют исследования германских авторов (Vetter, Medlhor, 1974), на техногенно загрязненной территории в организм человека около 10% ТМ поступает из воздуха и примерно 75-80% - за счет местной растительной пищи.

Если загрязнение почв сельскохозяйственного назначения рассматривается прежде всего через призму поступления ТМ в возделываемые культуры и накопления в поедаемых органах, то на территориях иного функционального назначения (зоны отдыха, спортивные и детские игровые площадки, и т.д.) важна оценка загрязненной почвы как источника воздушной пыли.

Содержание ТМ в почвах является суммой исходного содержания и техногенного привноса за весь период существования почвы, так как химические свойства ТМ определяют их слабую подвижность в почвенном профиле. Они часто образуют в почве труднорастворимые соединения, а также необменно поглощаются минеральными и органическими компонентами почв, что делает загрязнение ТМ особенно опасным (Плеханова, 2000).

Повышенное содержание ТМ в почвах городов отмечается во многих исследованиях (Моисеенко, 1989; Лапчинская и др., 1991; Лукашев, 1991; Никодемус, 1991; Дорофеев, 1994; Минкина, 1994; Кондратьев и др., 1995; Чертов и др., 1996; Ладонин, Ладонина, 2000; Ильин, Сысо, 2001).

На концентрацию ТМ оказывают влияние свойства почв. В почвах тяжелого гранулометрического состава, как правило, обнаруживаются более высокие концентрации ТМ (Jankauskaite и др., 1986, Иванов, 1989). Так, в почвах с высоким наличием глинистой и илистой фракций содержится повышенное количество Ca, Mg и Fe. Глинистые минералы чаще всего сорбируют Cr, Cu, Ni, Zn, имеющие небольшой ионный радиус. Значительное

влияние оказывают кислотно-основные свойства почв. В условиях кислой среды нерастворимая часть фракции ТМ переходит в растворимые формы, и при прохождении техногенного потока металлов через почву масса растворимой фракции в кислых почвах может нарастать. Изменяется и соотношение металлов в почвенном растворе. Большое влияние на трансформацию ТМ в гумусовых горизонтах оказывает почвенная биота. Миграция соединений ТМ происходит в значительной степени в виде органо-минеральной составляющей. Часть органических соединений, которые связываются металлами, представлена продуктами микробиологической деятельности. В условиях нейтральной или слабощелочной реакции почв и почвенного раствора, при значительном содержании гумуса, тяжелом гранулометрическом составе ТМ находятся в малодоступной форме и накапливаются в почвах. В этих же условиях токсичные элементы, мигрирующие в виде анионов (Zn, Cr, Mo, As, Sb), представляют главную опасность (Овчаренко, 1997).

О содержании ТМ в растениях, к сожалению, накоплено мало экспериментальных данных.

Химический состав растений отражает в целом элементарный состав среды роста. Однако степень проявления этой связи чрезвычайно изменчива и зависит от многих разнородных факторов.

Главный источник микроэлементов для растений – это их питательная среда, то есть питательные растворы или почвы.

Основные черты поглощения можно суммировать следующим образом:

Поглощение сильно зависит от концентрации в растворе, особенно при низком ее уровне (Тихомиров и др., 1975; Зимаков, 1978; Упитис, 1978; Федоров, Потапова, 1988; Franke, 1998).

Скорость его сильно зависит от концентрации  $H^+$  и других ионов.

1. Интенсивность меняется в зависимости от вида растений и стадии развития (Эльмелиги, 1977; Даутов и др., 1981; Химическое загрязнение..., 1991; Елькина, Безносиков, 1996; Шихова, 1997; Безель и др., 1998; Лоза-

новская и др., 1998; Зырин, 1976; Садименко, 1981; Фазлуллин, 1994). Максимальное накопление, как правило, связывают с периодом наибольшей активности или периодом подготовки к покою.

2. Процессы поглощения чувствительны к таким свойствам почвенной среды, как температура, аэрация, окислительно-восстановительный потенциал.
3. Поглощение может быть избирательным по отношению к определенным ионам.

Различные части растения имеют разный состав (Зырин, 1976; Церлинг, 1980; Ильин, 1981). Видовые особенности культур определяют распределение металлов по органам. Корни растений до определенного предела обеспечивают защиту наземных органов. Если, несмотря на защитную функцию корней, токсикант проникает в стебель и листья, то растение способно ограничить его поступление в репродуктивные органы (Евдокимова, Мозговая, 1988; Соборникова, Фомина и др., 1988). По мере увеличения содержания ТМ в почве до очень высокого уровня концентрация их в различных органах возрастает. Но при этом сохраняется соотношение между содержанием ТМ в корнях, стеблях, листьях и репродуктивных органах (Черных, 1988).

Главный путь поступления микроэлементов в растения – это абсорбция корнями, однако отмечена способность и других тканей легко поглощать некоторые питательные компоненты.

Биодоступность микроэлементов, поступающих из воздушных источников через листья (фолиарное поглощение), может оказывать значительное воздействие на заражение растений.

Микроэлементы, поглощаемые листьями, могут переноситься в другие растительные ткани, включая и корни, где избыточное количество некоторых элементов может быть запасено.

Часть микроэлементов, захваченных листьями, может быть вымыта дождевой водой. Различия в эффективности вымывания разных микроэлементов могут быть сопоставлены с их функциями или метаболическими свя-

зьями. Например, легко происходящее удаление свинца при смывании заставляет предполагать, что этот элемент присутствует в основном в виде осадка на поверхности листьев. Напротив, малая доля Cu, Zn, Fe и Cd, которая может быть смыта, указывает на значительное проникновение этих металлов в листья.

Оптимальное содержание микроэлементов в растениях определяется в фоновых условиях. Несмотря на значительные отличия объектов исследования, нормальное содержание ТМ лежит в определенных пределах, сходных для большинства древесных растений.

Нормальное содержание меди в древесных породах находится в пределах 5-30 мг/кг сухого вещества (Ковальский и др., 1971; Добровольский, 1983, Золотарева, 1984; Ильин, 1991; Лозановкая и др., 1998). Токсичная концентрация меди – 150 мг/кг сухого вещества (Ильин, 1991). Физиологическая роль меди заключается в том, что она участвует в окислительно-восстановительных реакциях, связанных с дыханием растений и азотным обменом; повышает активность биосинтеза аминокислот и фиксации азота; влияет на биосинтез хлорофилла; образует комплексы с ДНК. Медь содержат многие ферменты, витамины и активные комплексы: с этим и связано ее влияние на биохимические реакции. Важную роль играет медь в фотосинтезе. Она входит в состав пластоцианина, комплекса меди с белком, находящегося в хлоропластах. Очень важной особенностью меди является ее способность повышать устойчивость растений к бактериальным и грибковым заболеваниям, повышать засухо- и морозоустойчивость (Bussler, 1981). Несмотря на общую толерантность растительных видов к меди, этот элемент все же рассматривается как сильно токсичный. Главные симптомы отравления медью это, во-первых, Cu-индуцированный хлороз, потемнение листьев, во-вторых, пороки развития корневой системы (толстые, короткие или похожие на колючую проволоку корни), в-третьих, это угнетение образования побегов. У животных и человека значительное количество меди, попавшей в желудочно-кишечный тракт, раздражает нервные окончания и вызывает рвоту.

А хронический избыток меди ведет к остановке роста, гемолизу и низкому содержанию гемоглобина, а также нарушению тканей в печени, почках, мозге. Медный купорос в дозе 1-2 г. вызывает симптомы тяжелого отравления с возможным смертельным исходом (Ковальский, 1970).

Оптимальное содержание цинка наблюдается при концентрациях 12-196 мг/кг сухого вещества (Ковальский и др., 1971; Брукс, 1982; Добровольский, 1983, Золотарева, 1984; Ильин, 1991; Добровольский, 1997; Лозановкая и др., 1998). Избыток наблюдается при концентрациях цинка больше 300 мг/кг сухого вещества (Ильин, 1991; Baker, Chlechlín, Allaway, 1968). Физиологическая роль цинка заключается в том, что он входит в состав металлоферментов, чем и обуславливается его физиологическая роль в живых организмах, катализирует (в составе карбоангидразы) выделение CO<sub>2</sub> в хлоропластах, участвует в митозе (при недостаточности подавляется деление клеток в 2-3 раза). Цинк играет роль в формировании генеративных органов у растений и плодоношении, влияет на углеводный и белковый обмен (Пейве, 1980). Цинк в организме человека и животных находится в комплексе с органическим веществом, участвует в синтезе гормонов, белков, жиров (Войнар, 1960). Признаки недостаточности цинка проявляются у растений при концентрации менее 10-20 мг/кг сухого вещества. Общим признаком недостаточности является задержка роста. Особенно страдают плодовые деревья: мелколистность, «розеточная болезнь» (верхушечные листья становятся мелкими и образуют розетки). Плоды образуются небольшой и уродливой формы. Избыток цинка в растениях в естественных условиях встречается редко. Он возможен при неправильном применении цинксодержащих удобрений, в зоне промышленного загрязнения почвы. Большинство видов растений обладают высокой толерантностью к избытку цинка. Пределы избыточного и токсичного количества у разных растений неодинаковы. Например, избыточной для овса и ячменя считается концентрация 70, токсичной – более 300 мг/кг сухого вещества (Ильин, Сысо, 2001). Обычным симптомом цинкового токсикоза является хлороз молодых листьев. Ввиду антагонизма между цинком и дру-

гими микроэлементами при избыточном поступлении первого в растения может наблюдаться торможение притока меди и железа и возникать симптомы недостаточности этих элементов.

Нормальное содержание железа лежит в пределах 20-200 (400) мг/кг сухого вещества (Ковальский и др., 1971; Чертов и др., 1985; Горбунов и др., 1991; Ильин, 1991; Добровольский, 1997). Избыток наблюдается при концентрациях больше 550-750 мг/кг сухого вещества (Ильин, 1985; Ильин, 1991). Свою биологическую функцию железо осуществляет, находясь в составе биологически активных соединений – Fe-протеинов и более 70 различных ферментов. Играет активную роль в окислительно-восстановительных реакциях хлоропластов и митохондрий. Железо входит в состав нитрогеназы, непосредственно участвующей в процессе азотфиксации. Дефицит железа, как правило, наблюдается в почвах с низким содержанием его доступной для растений формы. Это песчаные и супесчаные почвы, а также техногенно загрязненные тяжелыми металлами – Mn, Ni, Co – антагонистами железа. Типичным симптомом недостаточности железа в растениях является межжилковый хлороз молодых листьев. При очень сильном голодании могут обесцветиться и жилки листьев. Дефицит железа влияет на различные физиологические процессы, что приводит к ослаблению роста растений и снижению их урожайности. У животных и человека при низком содержании железа в пище возникает железodefицит. Его проявления – анемия, атрофический ринит, гастрит и др. Чрезмерное поглощение железа растениями наблюдается на кислых пойменных, болотных и бедных фосфором и основаниями почвах. Симптомы железистой токсичности неспецифичны и проявляются по-разному в зависимости от вида и стадии развития растений. Часто это - темно-зеленая окраска листьев, замедленный рост надземных частей растений и корней, темно-коричневые, до пурпурных, листья на некоторых растениях (например, «бронзовая болезнь» риса). У животных и человека отравление железом достаточно редкое явление, так как лишь 5-15 % железа усваивается из обычного рациона; железо всасывается через слизистую кишечника толь-

ко в период потребности в этом элементе, и всасывание прекращается, если запасы его достаточно велики.

Фоновое содержание марганца составляет 15-350 мг/кг сухого вещества (Ковальский и др., 1971; Побединцева, Дианова, 1983; Ильин, 1991; Ушакова, 1995; Добровольский, 1997). Токсичная концентрация марганца – 300 мг/кг сухого вещества (Ильин, 1991; Baker, Chlechlín, 1975). Однако такая величина, по-видимому, не совсем объективна, так как она входит в пределы оптимума (Рылова, 2003), а помимо этого отмечается снижение содержания марганца и железа при загрязнении (Гиниятуллин и др., 1999). Физиологическая роль марганца заключается в его участии в процессе фотосинтеза: марганец способствует выделению кислорода, играет главную роль при фотоли- тическом расщеплении воды, повышает скорость обмена фосфата в ДНК и РНК, участвует в регуляции окислительно-восстановительных процессов в клетках (неспецифическая активация ферментов цикла Кребса), повышает активность ферментов фосфорилирования и углеводного обмена. Марганец повышает устойчивость хлорофилла к разрушению путем усиления связи хлорофилла с белковым комплексом хлоропластов (Школьник, 1974). При- знаки недостаточности марганца проявляются у растений при 20-30 мг/кг сухого вещества и менее. При недостатке марганца у растений страдают молодые листья и конусы нарастания, развивается пятнистый хлороз (между жилками появляются желтые пятна, а затем эта ткань отмирает), возможны задержки роста и окостенения скелета у человека и животных. У животных может проявляться полиневрит или авитаминоз В<sub>1</sub>, задержка полового разви- тия и размножения (Войнар, 1960). При избытке марганца нарушения на- ступают при его концентрации в сухой фитомассе свыше 200-500 мг/кг и проявляются в виде бурых пятен на листьях, хлороза, некротических пора- жений старых листьев, засохших кончиков листьев и чахлых корней. Кроме того, избыток марганца нарушает нормальное соотношение Fe/Mn, вызывает депрессию в нуклеиновом обмене. Токсическое действие марганца на расте- ния обычно наблюдается на богатых им почвах с кислой реакцией среды (при



pH 5,5 и ниже). Избыток марганца возможен и при высоком значении pH на плохо дренируемых (плохо аэрируемых) почвах. Избыток у животных и человека приводит к поражению нервной системы, повышению заболеваемости респираторными заболеваниями, вызывает морфологические изменения в коре головного мозга. Происходит усиление эритропоэза; развивается лейкопения (Попович, 1993).

Пределы колебаний нормальных концентраций ТМ в растениях, приведенные В.Г. Минеевым (1990), на основании данных N. E.-Bascam и Thorman, свидетельствуют о том, что для большинства элементов их количественные параметры в растениях могут изменяться в 10 и более раз. На загрязненных ТМ почвах содержание ТМ в растениях может возрастать в несколько раз, особенно в случаях, когда фоновое содержание этих элементов в результате антропогенных нагрузок многократно возрастает (Ильин, 1991).

Поступая в почву в результате антропогенного загрязнения, тяжелые металлы влияют на биологические свойства (в первую очередь), на химические и физические свойства, тем самым ухудшая почвенное плодородие. Изменение биологических свойств почвы обязательно отражается на ее фитотоксичности. Токсические свойства почвы обусловлены накоплением в ней вредных для живых организмов веществ, будь то сложные органические соединения, например, образуемые микрофлорой фитотоксины, либо простые неорганические вещества, в частности тяжелые металлы.

Академик А.П. Виноградов (1952) предполагал, что все химические элементы так или иначе участвуют в процессах метаболизма. Отсутствие же сведений о физиологическом значении элемента, постоянно обнаруживаемого, например, в растительном материале, указывает, по его мнению, лишь на трудности их получения.

Придерживаясь этого взгляда о необходимости всех химических элементов для роста и развития растения, можно сделать вывод, что в принципе не может быть «токсичных» и «нетоксичных» металлов, токсичными могут быть их высокие по сравнению с естественными концентрации.

В естественных условиях растения поглощают различное количество химических элементов: от высокого, например, марганца, до очень низкого – ртути и мышьяка. В какой-то степени различие прямо связано с содержанием этих элементов в почве. Большое значение имеет также биологическая роль элемента в процессе обмена вообще и конкретное его участие в метаболических реакциях у каждого вида в частности.

В настоящее время установлено, что фитотоксичность тяжелых металлов, устойчивость к ним растений и содержание этих элементов в растениях зависят от многих условий. О механизмах устойчивости различных растений к повышенным концентрациям ТМ пока накоплено мало сведений. Известно, что есть растения, способные концентрировать металлы без видимых признаков угнетения. На фитотоксичность металлов большое влияние оказывают такие свойства почвы как уровень реакции среды, емкость катионного обмена, содержание органического вещества и др. Наиболее активное влияние на подвижность ТМ в почвах и их усвоение корневыми системами растений оказывает кислотность почвы. Для большинства ТМ более кислая среда способствует увеличению подвижности (Словцова, 1972; Громова, 1973; Якушевская, 1973; Зборищук, Зырин, 1978; Бонсал и др., 1982; Байдина, 1985; Чертов и др., 1985; Головина и др., 1988; Обухов, Плеханова, 1991; Wand, 1997). При высоких значениях рН доступность снижается (Большаков, 1973; Зырин и др., 1976; Садименко и др., 1981; Седлухо и др., 1981; Зонн, 1982; Химия тяжелых металлов, 1985). Органическое вещество почвы также играет большую роль в снижении доступности ТМ для растений (Громова, 1973; Зырин и др., 1976; Седлухо и др., 1981; Кирейчева, Глазунова, 1995; Добровольский, 1997; Weber, 1993). Однако при этом многое зависит от свойств конкретных металлов. Так, органическим веществом активнее закрепляются медь и свинец и значительно слабее цинк и кадмий (Рэуце, Кырстя, 1986).

В районах с высоким уровнем атмосферного загрязнения поглощение ТМ из воздуха может превысить корневое поглощение (Махонько, 1969). В данном случае более информативными индикаторами загрязнения будут яв-

ляться древесные растения. Неблагополучное состояние растительности в условиях загрязнения можно проследить по ряду факторов: присутствию некрозов и хлорозов, увеличению грибковых заболеваний, а также появлению признаков ксероморфности (карликовость, мелколистность, розеточность и др.) (Рылова, 2003).

Приведенные особенности растений позволяют их использовать не только в качестве защиты от распространения и токсического воздействия загрязняющих веществ, но и как дополнительный признак для выявления загрязнения. Растения активно применяются в качестве фитомелиорантов и защитных барьеров против аэрогенного рассеивания элементов (Демченко, 1987; Терентьев, Ибрагимов, 1990; Laperche, 1997; Giasson, Iaouich, 1998; Matsumoto, 1999).

Проблема нормирования содержания тяжелых металлов в почве и растениях является чрезвычайно сложной из-за невозможности полного учета всех факторов природной среды. Например, изменение только агрохимических свойств почвы может в несколько раз уменьшать или увеличивать содержание тяжелых металлов в растениях. В то же время для решения практических вопросов необходимы определенные критерии или количественные параметры, характеризующие степень опасности загрязнения почвы и растений тяжелыми металлами.

Природные объекты: воздух, вода, почва и продукты питания являются контролируемыми по накоплению токсических веществ и входят обязательно в систему мониторинга. В основу действующих природоохранных разработок должны быть положены уже установленные ПДК тяжелых металлов в природных объектах. Основой действующих природоохранных мероприятий является определение тяжелых металлов в воздухе, воде, почве, растительной продукции и продуктах питания. Система предельно-допустимых концентраций (ПДК), допустимых остаточных концентраций (ДОК) и суточные нормы потребления токсических веществ с воздухом, водой, пищей человеком (жи-

вотным) служит базисом санитарно-гигиенических требований при разработке природоохранных мероприятий.

Уровень содержания тяжелых металлов в растениях, величина их урожая, химический состав и технологические показатели с различной степенью тесноты коррелируют с содержанием тяжелых металлов в почве. Поэтому первой и наиболее важной задачей является нормирование токсических веществ именно в почве, которое имеет свои специфические особенности.

Проведенные в нашей стране исследования показали, что загрязнение сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами находится в прямой, но слабой корреляционной зависимости с их валовым содержанием в почве. Это объясняется тем, что большая часть соединений металлов накапливается в почве в виде нерастворимых или слаборастворимых соединений.

Токсичные для растений концентрации тяжелых металлов в зависимости от свойств почв сильно варьируют. Еще в большей степени нормативы зависят от конкретных показателей, характеризующих вид токсического проявления металлов (гибель растений, отсутствие зерна, накопление выше ПДК и др.). Таким образом, разработка ПДК тяжелых металлов в почве сопряжена с необходимостью учета многих факторов при крайне ограниченной информации по этим вопросам. В настоящее время по некоторым металлам имеются противоречивые данные даже о фоновом их содержании.

В нашей стране в качестве ПДК тяжелых металлов в почве было использовано несколько подходов. При одном из них в качестве ориентира было принято удвоенное содержание тяжелых металлов по их кларку (В.П. Цемко и др., 1980). Однако этот подход не учитывает местного локального загрязнения и специфические почвенные условия конкретного региона. Другие авторы (Э.П. Маханько, 1987) предложили в качестве ПДК удвоенное местное фоновое содержание тяжелых металлов в почвах. Но оба эти подхода предполагают, что другие, в частности агрохимические свойства почвы, будут оставаться неизменными. Изменение структуры биоценоза характеризуется величиной техногенного модуля, соответствующего массе вещества, по-

ступающего в единицу времени на определенную площадь. Для характеристики техногенного загрязнения тяжелыми металлами используется коэффициент концентрации, равный отношению концентрации элемента в загрязненной почве к его фоновой концентрации. При загрязнении почвы несколькими тяжелыми металлами степень загрязнения оценивается по величине суммарного показателя концентрации ( $Z_c$ ) ИМГРЭ предложена следующая градация загрязнения почвы тяжелыми металлами (табл. 1)

Таблица 1

**Градация загрязнения почв тяжелыми металлами (Овчаренко М.М., 1997)**

показатель $Z_c$	Категории загрязнения	Уровни загрязнения
менее 16	1-я	Допустимый
16-32	2-я	Умеренно опасный
32-128	3-я	Опасный
более 128	4-я	Чрезвычайно опасный

Первая категория свидетельствует о наиболее слабом загрязнении, которое считается допустимым. Четвертая категория характеризует почву как очень сильно загрязненную. Суммарный показатель концентрации тяжелых металлов может использоваться как при ландшафтно-геохимическом нормировании, так и при оценке загрязняющего действия минеральных, органических и известковых удобрений по результатам длительных полевых опытов.

АИ. Обухов и Л.Л. Ефремова (1988) предложили шкалу экологического нормирования тяжелых металлов для почв со слабокислой и кислой реакцией среды, то есть с рН 5,5 и менее. При этом дается дробная шкала двух уровней: содержания и загрязнения - с широким диапазоном характеристик от очень низкой до высокой градаций. Достоинством этой работы является то, что она обоснована большим экспериментальным материалом и позволяет практическим работникам детально характеризовать степень загрязненности сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами

Недостатком шкалы экологического нормирования тяжелых металлов является уровень реакции среды в почве с рН менее 5,5. В практических условиях имеются большие массивы почв с близкой к нейтральной и нейтральной реакцией среды, на которые эту шкалу распространить нельзя. Да и сам диапазон почв с рН 5,5 и менее очень сильно различается по влиянию на подвижность в почве тяжелых металлов

Нормирование загрязнения почвы по количеству содержащихся в ней тяжелых металлов, основанная на достаточно больших экспериментальных материалах, позволяет ориентировочно определить уровень экологической опасности в отношении загрязнения природных вод и растительной продукции. Однако тесной корреляционной зависимости между содержанием в почве валового количества тяжелого металла и накоплением его в растении в большинстве случаев нет. Поэтому валовое содержание тяжелых металлов в почве является фактором емкости, отражающим в первую очередь потенциальную опасность загрязнения растительной продукции, инфильтрационных и поверхностных вод. Изменение химического состава растений начинает происходить при увеличении содержания валового количества тяжелых металлов в десятки раз по сравнению с фоновым. Поэтому А. Финн (1982) рассматривает шкалу нормирования по количеству валовых форм элементов как сугубо приблизительную. Следует по аналогии заметить, что для характеристики состояния почвенного питания растений макроэлементами используются только их подвижные формы. Причем постоянно идет детализация или ранжирование этих форм по степени подвижности. Предложены десятки экстрагентов только для характеристики фосфатного состояния почвы, и они обоснованы обширным экспериментальным материалом. Аналогичных исследовательских работ с тяжелыми металлами проведено недостаточно. В настоящее время не найдены экстрагенты, демонстрирующие тесную связь между содержанием тяжелых металлов в почве и растениях. По-видимому, универсального растворителя разработать не удастся, а для каждого элемента придется подбирать селективный экстрагент. Для группы элементов с близ-

кими химическими свойствами возможны несколько растворителей для вычленения содержания в почве различных по подвижности форм тяжелых металлов.

Наиболее полную информацию о вероятной токсичности тяжелых металлов дают результаты определения нескольких форм тяжелых металлов, содержащихся в почве. И Г. Важенин (1982) предложил для полной характеристики состояния почвы по наличию в ней потенциально токсических элементов определять следующие их четыре формы:

1. Валовое количество тяжелого металла,
2. Концентрация тяжелого металла, переходящего в 1н НС1 вытяжку;
3. Концентрация тяжелого металла, извлекающегося ацетатно-аммонийным буфером (рН 4,8);
4. Концентрация тяжелого металла в водной вытяжке.

Эти последовательные вытяжки с определенной условностью можно охарактеризовать следующие обзором. Валовое количество тяжелого металла характеризует общую загрязненность почвы, но не отражает степени доступности элементов для растения. Концентрация тяжелого металла, извлекаемого кислотной вытяжкой, свидетельствует об общем количестве или запасе подвижной формы тяжелого металла. Эта форма отражает фактор емкости в отношении общего содержания тяжелых металлов в почве. Ее можно, конечно условно, сравнить с содержанием в дерново-подзолистых почвах подвижного фосфора по методу Кирсанова. Третья форма - содержание тяжелого металла при извлечении из почвы ацетатно-аммонийным буфером характеризует наиболее мобильную часть подвижных запасов тяжелых металлов в почве. Последняя, четвертая форма - концентрация тяжелого металла в водной вытяжке характеризует степень подвижности элементов в почве. Это самая опасная и "агрессивная", а также динамичная и мобильная фракция. Высокое содержание воднорастворимых форм тяжелых металлов может приводить не только к загрязнению растительной продукции, но и к резкому снижению урожая вплоть до его полной гибели.

Для выбора и обоснования экологической целесообразности мероприятий по очищению почв от избыточных масс тяжелых металлов необходимы стандартизированные подходы к оценке загрязнения почвенного покрова на конкретной территории.

Опыт изучения геохимии тяжелых металлов в почвах свидетельствует о значительной неравномерности их природной концентрации и как в различных комплексах вещества почвы, так и по площади в поверхностных горизонтах. Это обстоятельство создает непреодолимое затруднение для обоснования норм предельно допустимой концентрации (ПДК) металлов в почвах, которые давно установлены для таких сред как природные воды и воздух. Х. Чулджиян (1988) установил предельно допустимое содержание подвижной формы тяжелых металлов в почве.

Для прогнозирования уровней загрязнения почв можно испытать экспериментальные данные и динамику их изменения во времени и пространстве (Москаленко, Смирнова, 1990; Ларина, Обухов, 1996). Однако этот способ мало подходит для городской среды, так как обычно невозможно определить исходные уровни содержания ТМ в почвах. Городские почвы характеризуются очень высокой вариабельностью содержания ТМ, до 80 – 120%, на фоне которой трудно оценить происходящие изменения (Лепнева, 1987, Обухов, Лепнева, 1989). Кроме того, городские почвы часто подвергаются различным физическим воздействиям (подсыпка газонов, раскопка траншей, выравнивание площадок и пр.), в результате которых данные становятся несопоставимыми. С этой точки зрения наиболее подходящим объектом исследования являются почвы парков, в которых сохранился естественный почвенный покров и которые характеризуются меньшей вариабельностью ТМ.

### **1.5. Приемы детоксикации избыточного содержания техногенных ТМ в почве.**

Загрязненные тяжелыми металлами почвы на плотнозаселенной территории обычно занимают удобные и выгодные местоположения. По этой при-



чине очищение (восстановление) почв от избыточных масс металлов представляет весьма актуальную задачу. Ее практическое решение пока остается на стадии разработки. Одним из возможных путей решения этой задачи может быть фиторемедиация – очищение почвенного покрова от загрязнения посредством культивирования растений, активно поглощающих металлы (Salt, Blaylock, Kumar, Dushenkov et al, 1995). Этот путь привлекателен использованием природного процесса биологического круговорота и полным исключением грубых механических инженерно-мелиоративных мероприятий и какого-либо химического воздействия на почву.

Экологическую напряженность на техногенно загрязненных территориях обычно рекомендуется уменьшить несколькими путями.

Параллельно с общими подходами к решению экологической проблемы (сокращение объемов поступления токсикантов в окружающую среду, что достигается внедрением новых технологий, улавливанием выбросов, использованием в топливе добавок, не содержащих ТМ, или переходом на альтернативное горючее) разработаны конкретные приемы борьбы с высоким содержанием ТМ в почве. Поскольку из почвы химические элементы могут попасть в пищевую цепочку с воздушной пылью, с питьевой водой, но главным образом с продукцией растениеводства, предлагаются различные способы смягчения экологической опасности – от радикального – удаления наиболее загрязненного верхнего слоя почвы до всевозможных приемов по ограничению в нем подвижности ТМ. Все вместе это дает положительные результаты.

Однако их опасно переоценивать: уже имеющийся запас техногенных металлов, на примере кадмия, во многих почвах таков, что должно пройти несколько десятилетий, прежде, чем он снизится до допустимого уровня (Брукс, 1982).

Почва как природное тело обладает способностью к самоочищению: поступающие в нее антропогенные материалы с течением времени разрушаются и разлагаются. В случае с ТМ проявляется буферная способность поч-

вы, позволяющая переводить их в малоактивную (малоподвижную) форму, делая тем самым безопасным существование почвенной биоты и возделывание сельскохозяйственных культур.

При высоком загрязнении, особенно, когда оно налагается на малобуферную почву, необходимо использовать приемы детоксикации избыточных ТМ. Главными из них являются внесение в почву извести и применение органических удобрений.

Известкование почвы повышает реакцию среды (рН), снижает подвижность ТМ, делает их малодоступными для растений. Потребность в таком приеме возникает на почвах, как еще сохранивших нативную кислую реакцию среды, так и приобретших ее в результате применения физиологически кислых удобрений. В настоящее время известкование почвы нужно проводить очень осторожно, так как на больших территориях почва стала щелочной за счет техногенной известьсодержащей пыли. Известкование в таком случае только повысит рН, выведет его за пределы диапазона 6,5 - 7,5, и само станет неблагоприятным фактором.

Применение навоза, торфа и других источников органического вещества позволяет использовать свойство многих органических соединений к комплексообразованию с ТМ. Образующиеся металлоорганические комплексы являются или малоподвижными, или неспособными к преодолению клеточных мембран на контакте почва–корень. Следует заметить, что высокие дозы могут оказаться экологически опасными: при быстром разложении органики в почве будут накапливаться избыточные количества нитратов и нитритов.

По мнению Ковды В.А (1989), поддержание высокого запаса свежего органического вещества и гумуса в почвах достигается путем защиты их от эрозии и дефляции с помощью регулярного применения органических удобрений, а также подсева трав и их фитомелиорация.

Значительной способностью связывания мобильных соединений ТМ обладают фосфорные удобрения. Фосфаты цинка, свинца и т.д. представляют собой труднорастворимые соединения, малодоступные для растений.

Фосфоритирование кислых почв с избыточным содержанием ТМ рассматривается как один из важных приемов охраны здоровья человека и животных (Минеев, 1988).

Одним из возможных путей решения проблемы может быть фиторемедиация – очищение почвенного покрова от загрязнения посредством культивирования растений, активно поглощающих металлы. Этот путь привлекателен использованием природного процесса биологического круговорота, полным исключением грубых механических инженерно-мелиоративных мероприятий и какого-либо химического воздействия на почву (Добровольский, 1999).

В последние годы обращается большое внимание на цеолиты (природные и искусственные минералы, обычно, силикаты) из-за их способности поглощать катионы химических элементов. При их использовании важное значение приобретает положение с минеральным питанием растений, так как помимо тяжелых металлов в ионообменник попадут макро- и микроэлементы. Поэтому в каждом конкретном случае внесению цеолитов должна предшествовать всесторонняя оценка возможных последствий и ориентация на устранение наиболее опасного из них.

В качестве ионообменников для детоксикации ТМ испытывались синтетические вещества: смолы, полистирол и т.д. Положительный результат был хорошо заметен.

В настоящее время внимание ученых обращено на изучение возможного создания путем селекции новых сортов сельскохозяйственных культур, переносящих избыток ТМ и сохраняющих экологическую чистоту растительной продукции (Ильин, Сысо, 2001).

## ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.

### 2.1. Социально-экономическая характеристика г. Сарапула и г. Камбарки.

По отношению ко всей Удмуртии Сарапул и Камбарка занимают юго-восточную часть республики.

Сарапул – второй по величине промышленный центр Удмуртской республики, где развиты машиностроение, металлообработка, электроэнергетика и другие отрасли промышленности. Как город Сарапул образовался в 1780 году, однако первое упоминание о нем приходится на 16 век.

Располагаясь в Западном Предуралье, Сарапул является транзитным городом между Центральным, Уральским и Западно-Сибирским экономическими районами, с одной стороны, и Поволжским и Волго-Вятским районами – с другой. Такое транзитное положение города, усилившее его экономико-географическое положение, привело к появлению здесь крупного перевалочного пункта и дальнейшему развитию города в целом. (Перевощиков, Мельников, 1981)

Территория г. Сарапула составляет 88,2 км<sup>2</sup>. Население – 103 тысячи человек (Государственный доклад..., 2005).

Учитывая исторические, природные, социально-экономические условия развития и функциональные признаки, выполняемые различными частями, в городе отчетливо выделяются шесть экономико-географических микрорайонов: Центр, Нагорный, Ленинский, Южный, «Элеконд» и Западный.

**Центр** - район, ограниченный улицей Седельникова с севера, железнодорожной веткой и рекой Большая Сарапулка с юга, пригородным лесом с запада и Камой с востока. По своему функциональному признаку район неоднороден, внутри его отчетливо выделяются собственно Центральный, Промышленный, Дачный и Советский подрайоны.

Центральный подрайон – исторически сложившееся ядро города. Это хорошо спланированная часть города. Здесь одни улицы параллельны Каме,

другие – перпендикулярны ей. Границы этого подрайона можно провести по улицам Седельникова, Е. Колчина и Пугачева.

Промышленный подрайон сформировался в основном в 19 веке по берегам реки Большая Сарапулка. Границы подрайона проходят по улицам Пугачева, Достоевского, далее по реке Большая Сарапулка, улицам Гоголя, Дубровской, Азина, по железнодорожной ветке, по Большой Сарапулке до Камы. Здесь находятся кожкомбинат, завод «Электробытприбор», завод имени Дзержинского, кондитерская фабрика, ликеро-водочный и дрожжепивоваренный заводы.

Подрайон «Дачный» примыкает к пригородному лесу. Советский подрайон – это жилой микрорайон по улице Советской.

**Нагорный** район занимает всю северную часть города от улицы Седельникова. Он расположен на Старцевой горе, где разместился большой жилой массив, здесь почти отсутствуют промышленные предприятия и административные учреждения. Данный экономико-географический микрорайон имеет сложный рельеф, что не позволяет строить здесь многоэтажные здания и прокладывать прямые и широкие улицы.

**Ленинский** район тяготеет к улице Ленина. Его южную границу можно провести по железнодорожной ветке и улице Пушкинской. С востока и севера он граничит с Центром, с запада – с садом «Южный». Это большой жилой район, расположенный по правому берегу реки Большая Сарапулка, где отсутствуют промышленные предприятия.

**Южный** экономико-географический микрорайон подразделяется на три подрайона: собственно Южный, Юго-Восточный и Привокзальный.

В Южный подрайон входит Южный поселок, в котором расположено несколько предприятий и большой жилой массив. Юго-Восточный подрайон с севера ограничен железнодорожной веткой, с запада, юга и востока - городской чертой. Основой подрайона стали обувная фабрика, мяскокомбинат с расположенными возле них жилыми массивами. Впоследствии здесь построили автотранспортное предприятие, а также фабрику музыкальных инст-

рументов и молочно-маслодельный завод. В привокзальном подрайоне все предприятия и учреждения так или иначе связаны с работой железной дороги. Здесь расположены завод строительных изделий, завод железобетонных изделий и конструкций, а также жилые дома.

**Западный** экономико-географический микрорайон – хорошо спланированный поселок, застроенный одно- и двухэтажными домами на водоразделе рек Большая Сарапулка и Черноголовка, к востоку от шоссеной дороги Сарапул-Ижевск.

В пределах микрорайона «Элеконд» располагается завод «Элеконд» и жилой сектор (Перевошиков, Мельников, 1981).

Основные предприятия – загрязнители атмосферного воздуха в городе Сарапуле: ТЭЦ, МП «Коммунтеплосети» (0,568 тыс. тонн), АО «Радиозавод» (0,115), ТЭЦ (0,221), ЗАО «Кондитерская фабрика» (0,203), АО «Радиотехника» (0,221) (Государственный доклад..., 2000). Стационарные источники загрязнения расположены, в основном, в центральной (АО «Радиозавод», МП «Коммунтеплосети», ЗАО «Кондитерская фабрика») и южной (ТЭЦ, Электрогенераторный завод, АО «Сарапульский мясокомбинат и др.) частях города.

В 2004 году выбросы загрязняющих веществ в атмосферу города от 1195 стационарных источников 23 промышленных предприятий составили 1,427 тыс. тонн. Суммарный объем загрязнения стационарными и передвижными источниками составил 4,504 тыс. т., 68,3% из которого – выбросы автотранспорта (Государственный доклад..., 2005).

Город Камбарка расположен вблизи рек Камы и Буй. С севера и востока он окружен стеной хвойного леса, а с юга и запада – обширной поймой с рощами, кустарниками и лугами. Город пересекает с запада на восток и соединяет с городами Казань и Екатеринбург Горьковская железная дорога, построенная в 1914-1915 годах (Камбарка. Документы и материалы..., 2004).

Площадь Камбарки составляет 46,36 км<sup>2</sup>, численность населения - 12,753 тысячи человек (Государственный доклад..., 2005).

Камбарка – промышленный город, основанный в середине 18 века как город-завод (По родному краю, 1987). В настоящее время основными заводами города являются Камбарский машиностроительный завод, завод «Металлист», АООТ «Завод газового оборудования» (Удмуртская республика, 2000). Ведущие отрасли – нефтедобывающая, сельское хозяйство, машиностроение (Государственный доклад., 2005).

По генеральному плану территория г. Камбарки делится на 3 селитебных района: Северный (Заплотинный), Юго-Западный и Северо-Западный. В каждом районе есть промышленные предприятия (Удмуртская республика, 2000). **Юго-западный район (Центральный)** имеет статус главного района города. Здесь расположен Камбарский машиностроительный завод. Именно от завода начал разрастаться город. Главной улицей в Юго-западном районе является ул. Советская, которую пересекают 3 основные улицы города: ул. Первомайская, К. Маркса, Ленина.

**Северный (заплотинный)** район г. Камбарки является наиболее модернизированным районом города в плане жилищной застройки. Здесь находится одна из самых больших улиц города (ул. Суворова), состоящая полностью из многоквартирных домов. Направление застройки ориентировано на северо-запад. В этой части города находится автобусный парк города и района.

**Юго-восточный район** г. Камбарки отличается от других селитебных районов города большим размером частного сектора. Небольшой «оазис» трехэтажных домов примыкает к Заводу газового оборудования и ограничен улицами Гоголя, Маяковского, 8-е Марта, ул. Н. Манохина. На востоке к заводу ГО непосредственно примыкает территория воинской базы химической защиты. На территории юго-восточного района находится железнодорожный вокзал г. Камбарки. В районе находится памятник природы «Клюквенное болото».

Общемировую известность г. Камбарка имеет благодаря тому, что здесь находится объект по хранению люизита. Рядом с объектом в 2005 году

был построен завод по уничтожению химического оружия (ХО), работа которого началась с февраля 2006 года.

В Камбарском районе хранится 6400 тонн кожно-нарывных отравляющих веществ. Гарантийные сроки хранения емкостей и снарядов, снаряженных боевыми ОВ, истекли, и дальнейшее хранение ХО становится небезопасным из-за коррозии металла крупно – тоннажных емкостей, стенок химических боеприпасов, а также возможности разгерметизации химических снарядов в процессе их длительного хранения (Природные ресурсы...,1995).

Особенностью района хранения ХО является то, что в послевоенные годы г. Камбарка не получил какого – либо индустриального и социального развития. Лишь в последние годы, в связи со строительством завода по уничтожению химического оружия (ХО), началось мощное развитие города.

На атмосферу города оказывают влияние промышленные предприятия «Камбарский машиностроительный завод», ЗАО «Металлист», ЗАО «Камбарский завод газового оборудования», «Камбарская нефтебаза», комбинат «Горизонт». Выброс в атмосферу от стационарных источников загрязнения составил 0,781 тыс. т. (Государственный доклад., 2005).

## **2.2. Природные условия.**

### **Рельеф**

Район города Сарапула расположен в долине реки Камы и на Сарапульской возвышенности. Рельеф расчленен долинами рек Большой Сарапулки, Малой Сарапулки, Юрманки и ее притоками. Левобережная часть района представляет надпойменные террасы Камы. Поверхность поймы слабоволнистая, местами заболоченная с невысокими гривами и разделяющими их понижениями. Они вытянуты параллельно руслу Камы с небольшими озерами – старицами глубиной 1 –2 метра. Большая часть правобережья расположена на сглаженной холмисто – увалистой равнине. Здесь хорошо развита овражно-балочная сеть с преобладанием залесенных оврагов (Перевощиков, Мельников, 1981).



Город Камбарка расположен в Закамье. Рельеф земной поверхности на территории Камбарского района представлен:

- уровнями денудационных поверхностей,
- уровнями аккумулятивных аллювиальных террас,
- эрозионными склонами, отделяющими друг от друга эти уровни.

Аккумулятивные поверхности представлены уровнями двух пойменных и трех надпойменных аллювиальных террас. В районе г. Камбарка относительное превышение уровней террас над урезом воды в русле р. Кама (60.5-61.5 м) составляет: низкой поймы – 5-7.5 м; высокой поймы – 8-9 м; первой надпойменной террасы – 10-12 м; второй – 14-30 м и третьей надпойменной террасы – 35-60 м. Ровными, плоскими поверхностями, соответственно плохими условиями дренажа, отличаются уровни пойм и первой надпойменной террасы (Пояснительная записка к технико-экономическому обоснованию строительства объекта УХО в г. Камбарка, 1998).

### **Климат.**

Климатические факторы в значительной степени определяют скорость и направление геохимических процессов.

Значительная удаленность от океанов и близость Уральских гор обусловили климат города Сарапула и его пригорода как умеренно – континентальный с хорошо выраженными временами года: с продолжительной холодной и многоснежной зимой, с теплым летом. Наиболее характерная здесь воздушная масса – континентальный воздух умеренных (средних) широт. Она создается или из арктического воздуха, приходящего с севера, или из морского, поступающего с Атлантического океана, но проходящего тысячи километров над Восточно-Европейской равниной. В тепловом режиме климата города Сарапула по отдельным годам наблюдаются значительные различия. Среднегодовая температура по многолетним наблюдениям в Сарапуле составляет 2,3 градуса тепла – самая высокая температура в Удмуртии. Са-

мым теплым месяцем является июль – 18,9 градуса тепла, также самая высокая температура в республике. Абсолютный максимум температуры воздуха в тени отмечается летом в июле и августе – до 38 градусов жары. Самым холодным месяцем является январь – средняя температура 14,3 градуса холода. Количество безморозных дней в Сарапуле составляет 130 дней (Перевошиков, Мельников, 1981).

Выпадение осадков отличается неравномерностью как в течение года по месяцам, так и в целом по годам. Наибольшее количество их выпадает за 5 месяцев вегетационного периода (май – сентябрь). По данным многолетних наблюдений, среднегодовое количество осадков в Сарапуле составляет 443 миллиметра.

В зимнее время континентальный воздух формируется над сильно охлажденной поверхностью суши, покрытой снегом. Ввиду этого он значительно охлаждается, особенно снизу, и поэтому является устойчивой воздушной массой. Он вызывает ясную погоду с сильными морозами.

В летнее время воздух прогревается и становится неустойчивой воздушной массой. Днем в ней возникают входящие токи воздуха, образуются кучевые и кучево-дождевые облака, ночью же вследствие прекращения конвекции устанавливается ясная погода.

Наиболее сильные морозы зимой, а весной и осенью интенсивные заморозки наблюдаются при вторжении арктического воздуха. Он формируется над ледяным покровом Арктики и имеет свойства континентального воздуха. Водяного пара в нем содержится мало. Вторжение его вызывает резкие и быстрые понижения температуры, называемые волнами холода. Перемещаясь над поверхностью суши, покрытой снегом, этот воздух еще более охлаждается.

Зимние потепления, доходящие до оттепели, вызываются вхождением морского воздуха умеренных широт с запада, с теплой Атлантики. Летом эта воздушная масса приносит прохладную и влажную погоду.

В летнее время с юга и юго-востока приходят очень теплые воздушные массы (порой даже тропические), с которыми связана засушливая и жаркая погода (Природа Удмуртии, 1972)

На климат Камбарского района оказывает влияние и Атлантический океан, и материк. Первое проявляется в преобладании западного переноса воздушных масс, благодаря которому на эту территорию поступают основные осадки, второе – в увеличении годовых амплитуд температуры воздуха, в резких колебаниях ее в течение суток, в быстром повышении температуры весной и быстром понижении осенью (от марта к апрелю средние суточные температуры воздуха повышаются на 10-12 °С). Средняя температура самого холодного месяца (января) в г. Камбарке изменяется в пределах 14-14,5 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха опускается до – 44 °С, а в пониженных формах рельефа и на лесных полянах – до –50 °С, –52 °С. Продолжительность холодного периода (со среднесуточной температурой ниже 0 °С) изменяется по годам от 165 до 175 дней. Теплый период длится от 190 до 200 дней. Температурный режим летом в основном обуславливается радиационными и циркуляционными факторами. Кроме того, сказывается влияние подстилающей поверхности, микрорельефа, а также формы экспозиции и склонов. Самым теплым месяцем является июль. Средняя температура этого месяца 19,5 °С; максимальная температура воздуха достигает значений 38-40 °С. Сумма температур выше 10 °С (продолжительность периода 119-127 дней) изменяется по территории района в пределах 2000-2100 °С. Безморозный период значительно короче периода с температурами выше 10 °С и составляет 90-110 дней. Продолжительность безморозного периода длиннее на вершинах холмов и верхних частях склонов, короче – на сырых низинах и полянах. Поздние весенние заморозки прекращаются 28 мая-6 июня (в зависимости от местоположения). Первые осенние заморозки начинаются 31 августа –13 сентября. Режим увлажнения территории определяется, главным образом, циклонической деятельностью. Увлажнение достаточное, но неус-

тойчивое. За год осадков выпадает 530 мм. Преобладают летние осадки; с апреля по сентябрь их сумма составляет 305 мм.

Снежный покров – один из важнейших факторов, определяющий запас весенней влаги в почве. На территории республики первый снег выпадает в октябре, а в отдельные годы – в конце сентября, он неустойчив и при возврате тепла сходит. Снежный покров на территории г. Камбарки устанавливается в середине ноября (16.11), в отдельные годы – 15.10. снег ложится, как правило, на мерзлую почву. Снегонакопление идет постепенно по 10-12 см в месяц, к моменту интенсивного снеготаяния (25.03) средняя высота снежного покрова составляет 40-45 см. К концу зимы почва промерзает на 80-110 см. Сходит снежный покров 5-10 апреля. В начале второй декады апреля почва оттаивает до глубины 10 см. в первой пятидневке мая почва оттаивает полностью.

Самое позднее образование устойчивого снежного покрова отмечено около городов в середине декабря. Снеготаяние начинается в конце марта и заканчивается в конце второй декады апреля. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова – 160-165 дней (Пояснительная записка..., 1998).

Промерзание почвы. С понижением температуры до отрицательных значений почва начинает промерзать. Характер и глубина промерзания ее зависят от ряда условий: от температуры воздуха, снежного покрова, растительности, типа почвы и ее механического состава, влажности, рельефа и т. д. Промерзание почвы на территории исследуемых объектов начинается обычно до появления снежного покрова - в первой декаде ноября. К моменту образования снежного покрова во второй декаде ноября почва промерзает на 10-15 см. оттаивание почвы происходит в последние пятидневки апреля. Период от даты полного схода снежного покрова до полного оттаивания почвы длится около двух недель. При равных условиях наиболее быстро оттаивают, вследствие меньшей водонасыщенности, песчаные и супесчаные почвы, наиболее медленно – глинистые и суглинистые.

Ветер. Большую часть года в г. Сарапуле преобладает юго-западное направление ветра. Летом преобладают ветры северо-западного направления. Средняя годовая скорость ветра – 3-4 м/сек. Колебание ее по месяцам очень незначительное: от 2,6 до 5,1 м/сек. Наименьшие скорости – в июле и в августе, наибольшие – зимой (октябрь-март). Распределение различных направлений ветра и его скоростей в г. Камбарке определяется сезонным режимом барических образований. Зимой увеличивается влияние западного отрога азиатского антициклона, вследствие чего на территории преобладающими становятся южные (20-30%) и юго-западные ветры (20-35% случаев). Летом режим ветра связан преимущественно с воздействием антициклона. Преобладающими направлениями ветра являются северное, северо-западное и западное. На них приходится по 20-25%. На исследуемой территории преобладает ветер слабой скорости (2-4 м/сек), в 13% случаев наблюдается штилевая погода. Процент повторяемости сильных ветров (15 м/сек) мал (0.2% случаев). Такие особенности ветрового режима создают благоприятные условия для образования приземных инверсий.

Распределение тепла на склонах зависит от угла падения солнечных лучей, продолжительности облучения и суточного хода облачности и прозрачности атмосферы. С ростом крутизны у северных, северо-западных, северо-восточных и западных склонов происходит уменьшение радиационного баланса. У восточных склонов величина радиационного баланса остается практически постоянной. На юго-западных, юго-восточных и, особенно, южных склонах с ростом крутизны происходит увеличение радиационного баланса, вследствие чего зональное распределение температуры воздуха нарушается (Пояснительная записка..., 1998).

### **Почвообразующие породы**

Почвообразующими породами, доминирующими в г. Сарапуле, являются покровные суглинки и глины, залегающие на пермских карбонатных

породах. Красно-бурые и желто-бурые суглинки и глины характеризуются хорошей отсортированностью материала и плотным сложением. Они обладают благоприятными физическими свойствами, в частности, большой влагоемкостью и активной водоподъемной способностью. В зависимости от состава растительности на них могут развиваться как подзолистый, так и дерновый почвообразовательные процессы и образовываться соответственно дерново-подзолистые или серые лесные оподзоленные почвы. При этом на всей изучаемой территории дерновый процесс имеет преобладание над подзолистым. Это является следствием наибольшего распространения лиственных пород деревьев и травянистой растительности по сравнению с хвойными (Данные ООО «БАРС», 2003). В г. Камбарке распространены аллювиальные почвообразующие породы.

### **Почвенный покров.**

Почвенный покров района города Сарапула характеризуется значительным распространением серых лесных и дерново-среднеподзолистых почв. В поймах рек на песчано-глинистых наносах образуются плодородные аллювиальные почвы. Богатая пойменная растительность является источником накопления в них перегноя. В понижениях эти почвы заболачиваются, тогда на них появляются ржавые пятна и прожилки, называемые в литературе глеем. На водоразделах встречаются дерново-карбонатные почвы, отличающиеся повышенным содержанием перегноя, комковатой структурой и хорошими физическими свойствами (Перевошиков, Мельников, 1981).

В Камбарке выделены следующие типы почв: дерново-подзолистые, пойменные дерновые, пойменные болотные.

Дерново-подзолистые почвы представлены дерново-сильноподзолистыми супесчаными, реже легкосуглинистыми почвами, сформировавшимися под смешанными лесами. Поскольку в условиях вторичных лесов дерновый процесс начался сравнительно недавно, мощность

подзолистого горизонта в данных почвах редко превышает 5-6 см, мощность подзолистого горизонта обычно не менее 15-20 см. Пойменные дерновые почвы представлены пойменными слоистыми глееватыми, пойменными дерновыми оподзоленными, пойменными дерновыми зернистыми, пойменными дерновыми зернистыми глееватыми, пойменными дерновыми зернистыми глеевыми легкого, среднего и тяжелосуглинистого гранулометрического состава.

Пойменные болотные почвы сформировались в понижениях пойм рек в условиях избыточного увлажнения и представлены иловато-перегнойными глеевыми почвами. (Почвы колхоза «Дружба...», 1990)

### **Растительность.**

Благоприятные почвенно-климатические условия обусловили довольно богатую растительность района г. Сарапула, расположенного в зоне смешанных лесов. Однако первичных лесов осталось мало. Половина лесов расположена к западу и югу от города на правом берегу Камы. Остальная часть находится на противоположном от города левом берегу реки. Преобладают сосновые леса с примесью осины. На левом берегу есть также еловые леса с примесью мелколиственных пород, а также пойменные заболоченные леса. Кроме указанных пород деревьев, встречаются также пихта, береза, в Закамье есть искусственные насаждения лиственницы, в пойме Камы – дубравы. Почти все сохранившиеся леса относятся к зеленой зоне города Сарапула.

Здесь встречаются злаковые, бобовые, лютиковые, гвоздичные. Есть в районе растения, характерные только для этой местности: фиалка высокая, лютик многолистный и другие.

В самом городе плодородные почвы в сочетании с южной экспозицией большинства склонов территории позволяют выращивать разнообразные культурные растения. В городе много садов, искусственных насаждений лиственных деревьев и кустарников. С запада и юга к Сарапулу примыкают

лесные массивы, ставшие в настоящее время лесопарковой зоной города. В 1980 г. Сарапул занимал ведущее место в республике и по количеству зеленых насаждений на каждого жителя. По расчетам специалистов, зеленые насаждения общего пользования (парки, скверы, бульвары) в зависимости от размера города должны занимать от 8 до 24 квадратных метров на человека, а насаждения жилых массивов – от 11 до 19. Общая территория озелененных площадей в пределах городской площади Сарапула была весьма значительна, а на одного жителя приходилось 13 квадратных метров зеленых насаждений. Это довольно высокий показатель по сравнению с другими городами Удмуртии (Перевошиков, Мельников, 1980).

Однако в последнее время зеленый покров города начал сокращаться. В 1997 году в Сарапуле на 1 жителя приходилось 4,8 м<sup>2</sup> зеленых насаждений (Государственный доклад, 1998). Это вызвано интенсивным жилищным строительством новых многоэтажных зданий на месте частного сектора: уничтожено несколько гектаров плодово-ягодных садов, декоративных насаждений. В настоящее время обеспеченность города зелеными насаждениями остается низкой.

Территория района г. Камбарки биогеографически специфична, так как располагается в переходной зоне хвойно-широколиственных лесов и лесостепи. Камбарский район – один из самых облесенных районов юга Удмуртии (лесистость 51,7 %). Выявлен 931 вид растений. Анализ имеющихся данных показывает, что по видовому разнообразию растений наиболее насыщенными являются формации сорной и рудеральной растительности (442 вида), что составляет 47,5% от всего видового богатства. Далее следуют пойменные луга (207 видов, 22,2%), сосновые леса (148 видов, 15,9%), мелколиственные леса (131 вид, 14,1%), водная и прибрежно-водная формация (108 видов, 11,6%), дубовые леса (105 видов, 11,3%), липовые леса и суходольные луга (100 видов, 10,7%), низинные болота (96 видов, 10,3%). Во всех остальных фитоценозах видовое богатство ниже 10% (еловые леса, пойменные ле-



са, верховые болота, переходные болота). Данные указывают на высокую степень антропогенной трансформации флоры.

Выявлено 72 охраняемых вида растений, которые наиболее богато представлены в 6 формациях: пойменные луга (15 видов), сосновые леса (14 видов), водная и прибрежно-водная формация (13 видов), низинные болота (12 видов), дубовые леса (8 видов), верховые болота (7 видов). Эти растительные формации имеют наибольшее значение для сохранения фитогенофонда. На территории города Камбарки находится ботанический памятник природы республиканского значения «Камбарское болото», расположенный на восточной окраине города, площадью в 0,6 км<sup>2</sup>. Этот небольшой участок представляет собой верховое болото и является уникальным, не свойственным югу Удмуртии, растительным сообществом. Здесь произрастают 8 видов растений, включенных в Красную книгу растений Удмуртии.

Обеспеченность города Камбарки зелеными насаждениями, как и в Сарапуле, ниже нормы (Пояснительная записка..., 1998).

## ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.

### 3.1. Сбор и химический анализ почвенных и ботанических образцов.

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.

**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 жилую часть). 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 platanoides*), дуб обыкновенный (*Quercus robur*); в г. Камбарке - береза повислая (*Betula pen-*

dula), 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 (рН) в растворе КСl - потенциметрически по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность (Н, ммоль-экв/100 г почвы) – потенциметрически - 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; Ни-

кифорова, 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 °С 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 реко-

мендации , 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 искусственные обнажения.

В рамках поставленной задачи описано 112 почвенных профилей 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) (табл. 2).

Таблица 2

### Классификация городских почв таежной зоны

Блок почв	Естественные почвы в пределах города	Естественно-антропогенные почвы	Антропогенные преобразованные почвы	Техногенные поверхностные почвоподобные образования
Класс почв	Естественные почвы	Поверхностно преобразованные естественные почвы	Антропоземы: антропогенные глубоко преобразованные почвы	Техноземы поверхностные гумусированные
Тип городских почв	Подзолистые Болотно-подзолистые	Те же, но преобразованием затронуто ме-	Урбаноземы: преобразованием затрону-	Урботехноземы (почвогрунты)

	Аллювиальные и др. с признаками урбанизации	нее 50 см профиля	то более 50 см профиля	
Подтип почв	Дерново-подзолистые Болотно-подзолистые и др.	Те же, но нарушенные, скальпированные, насыпные и т. д.	Урбанозем Культурозем Экранозем Некрозем Индустризем	Реплантозем Конструктозем

В настоящей работе термины «урбопочва» и «урботехнозем» заменены на более адекватные с лингвистической точки зрения «урбанопочвы» и «урбанотехноземы» (Рылова, 2003).

Для выделения горизонтов искусственно созданных и антропогенно преобразованных почв использовались следующие обозначения:

Диагностический почвенный горизонт типа "урбик" обозначен буквой "U", при ясно выраженной стратификации горизонты разделены на подгоризонты с добавлением цифр 1,2,..., указывающих на порядок расположения в профиле.

Как основной горизонт выделялся:

Uh – гумусированный горизонт;

Uih – с потечным гумусом по ходам корней древесной растительности и животных;

Ug – оглеенный;

U $\uparrow\downarrow$  – перемешанный (может состоять из фрагментов и пятен естественных горизонтов).

Как дополнительные признаки выделялись:

L – каменистый слой, например, остатки фундамента зданий или старая кирпичная кладка;

L – слой, являющийся искусственным барьером, например, асфальтовое покрытие или бетонная плита, включенные в почву.

Определялись также следующие различия почв:

а) по мощности профиля: слаборазвитые –  $<10$  см, маломощные – 10-50 см, среднемощные – 50-100 см, мощные –  $>100$  см;

б) по характеру включений: строительный и бытовой мусор, промышленные отходы, торфо-перегнойные смеси, фрагменты почвенных горизонтов;

в) по количеству включений: редкие, мало –  $<25$  %, средне – 25-50 %, много –  $>50$  %;

г) по мощности гумусированного слоя: слабо –  $A_1 < 15$  см, средне –  $A_1 = 15-30$  см, сильногумусированные –  $A_1 > 30$  см;

д) по оглеенности: поверхностно- и глубокоглееватые;

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.**

### **4.1. Морфологическая трансформация почв.**

#### **4.1.1. Морфологическая трансформация почв города Сарапула.**

На территории города Сарапула можно выделить все блоки почв, представленные в классификации Строгановой (1992): естественные ненарушенные (17%), естественные нарушенные (урбанопочвы) (35%), антропогенные глубоко преобразованные (урбаноземы) (44%) и искусственно созданные урбанотехноземы (4%) (Приложение 1).

##### **Естественные ненарушенные почвы.**

Естественные ненарушенные почвы сохраняют нормальное залегание генетических горизонтов. Данные почвы сохранились в рекреационных зонах и на неудобьях: оврагах, балках, пустырях и т. д., их площадь в селитебной части города крайне мала. Четкое выделение границ естественных почв в городской среде в большинстве случаев невозможно, так как естественные почвы в результате хозяйственной деятельности человека претерпевают изменения.

Среди естественных почв в городе Сарапуле наиболее распространенными являются серые лесные оподзоленные и дерново-среднеподзолистые почвы, что согласуется с данными А.П. Перевошикова, А.А. Мельникова (1981).

Кроме серых лесных оподзоленных и дерново-подзолистых почв разной степени оподзоленности на территории города имеются также дерново-карбонатные и аллювиальные почвы.

Район Старцевой горы характеризуется наличием дерново-карбонатных почв, в большинстве сильновыщелоченных, с выраженными процессами оподзоливания и опесчанивания горизонта  $A_1$ .

В качестве почвообразующих пород на территории города выступают, в основном, средние и тяжелые суглинки.

Для естественных почв города при исходной морфологии характерна фрагментация горизонта  $A_0$ , уплотнение верхней части профиля и захламление поверхности. Других морфологических особенностей не выявлено. Мощность их горизонтов аналогична фоновым почвам.

Естественные почвы распространены в лесном массиве на западной окраине города, в парке им. Ленина, а также в лесном массиве на Южном поселке (рис. 1). Доля естественных почв на территории г. Сарапула составляет 17%.

### **Урбанопочвы.**

Зональные почвы с измененным профилем менее чем на 50 см классифицируются как урбанопочвы. Слабонарушенные (10-25 см) и сильнонарушенные (25-50 см) урбанопочвы формируются чаще при скальпировании или насыпании. При этом нередко в профиле сохраняется гумусово-аккумулятивный горизонт  $A_1$ , и на насыпном слое, уже искусственно, формируется гумусовый горизонт  $U_h$ . На территории города встречаются также погребенные почвы, сохранившие под антропогенной толщей весь почвенный профиль или какую-либо его верхнюю часть.

Мощность насыпи в урбанопочвах города Сарапула в среднем составляет 28 см (9-47 см). Горизонт  $A_1$  данных почв светло-серого цвета, бесструктурный, имеет мощность 30 см. Горизонт  $U_1$ , уплотненный и бесструктурный, имеет различную окраску, чаще с коричневатым оттенком. Мощность данного горизонта составляет в среднем 16 см.

Как урбанопочвы классифицируются почвы приусадебных участков, поскольку в них преобразования затрагивают менее 50 см.

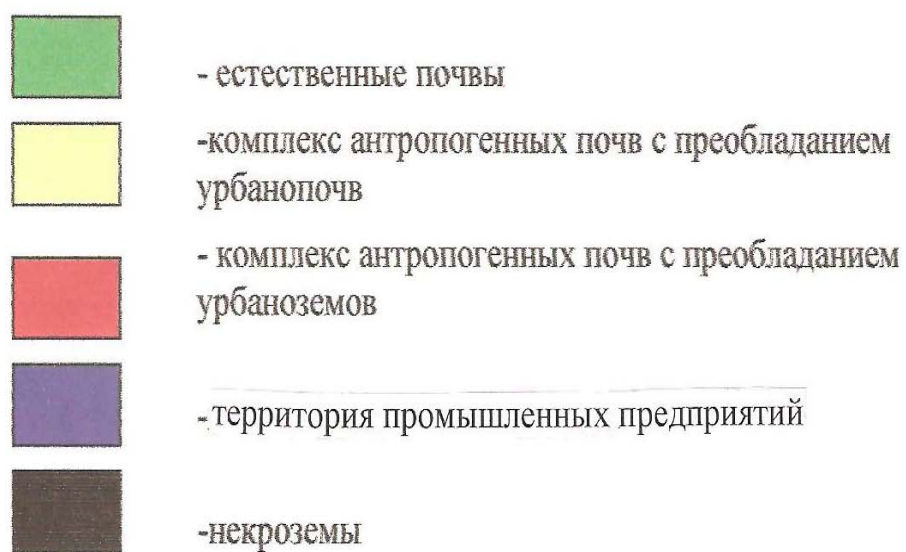
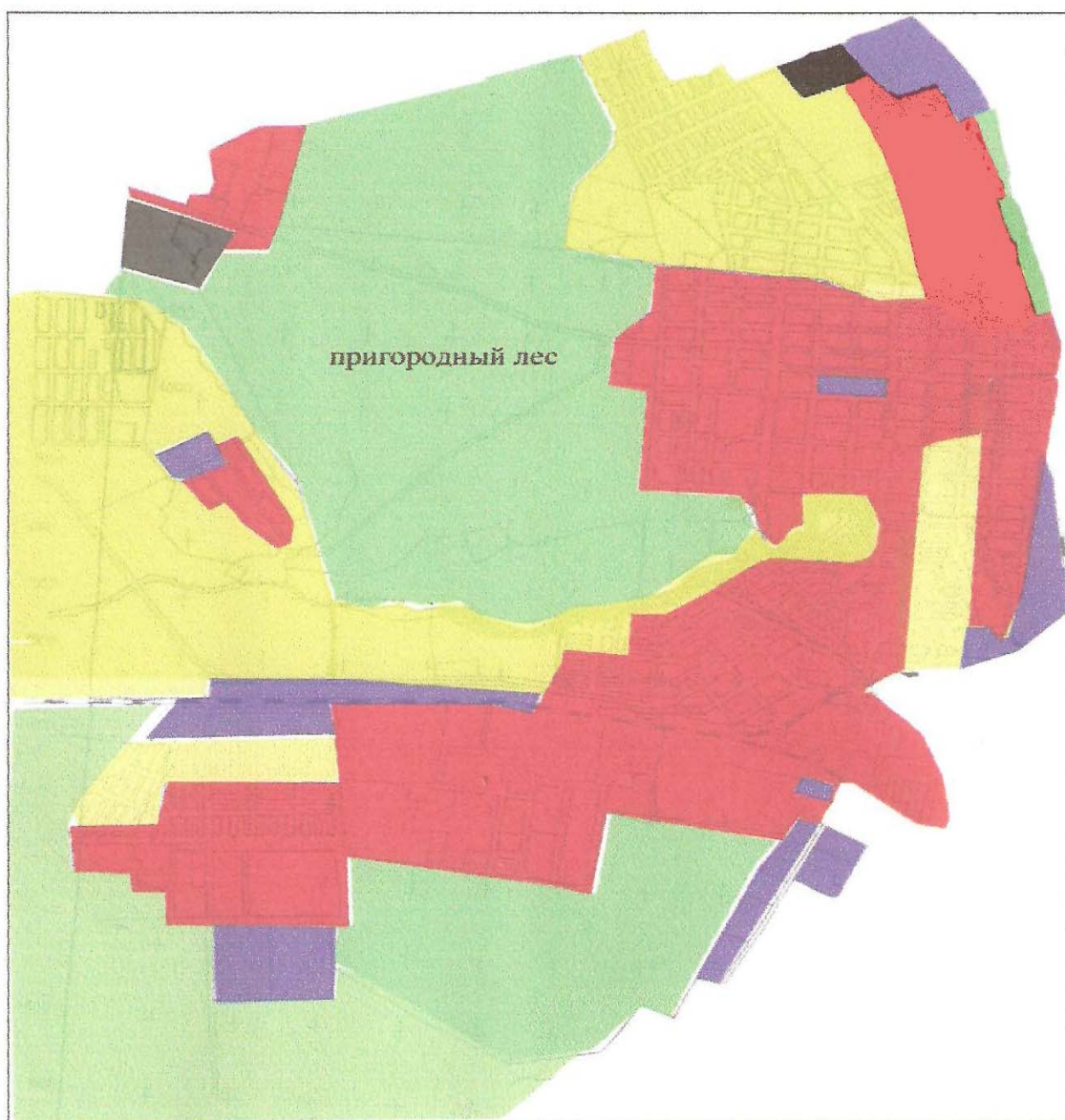


Рис. 1. Карта-схема современного почвенного покрова г. Сарапула

Для урбанопочв характерно сохранение направления естественных геохимических процессов (в нашем случае – дернового).

Урбанопочвы встречаются на территории частной застройки в Нагорном, Ленинском и Западном экономико-географических районах, а также на территории садоводческих массивов в пределах города (сад «Южный, «Пищевик») (рис.1).

Данный тип почв занимает 35% от всей территории города.

### **Урбаноземы.**

Нарушение профиля почв более чем на 50 см ведет к формированию урбаноземов и изменению геохимических процессов. Преобразование сложения почвы может осуществляться в разных направлениях в зависимости от типа хозяйственной деятельности. Исследования показали, что наиболее характерными подтипами для г. Сарапула являются собственно урбаноземы и экраноземы (Приложение 1).

Собственно урбаноземы имеют мощность антропогенного профиля, равную в среднем 182 см (97-314 см), экраноземы – 158 см (77-239 см).

Данные параметры характеризуют профиль как среднемошный и мощные по классификации М. Н. Строгановой (1992). Профили этих почв включают в среднем 3 слоя (максимум до 6). Экраноземы характеризуются наличием верхнего слоя, представленного асфальтом и камнем; мощность данного слоя составляет в среднем 24 см (8-42 см). Характерной особенностью экраноземов г. Сарапула является наличие более 2 слоев асфальта и гравия. Искусственные горизонты характеризуются большим разнообразием по таким морфологическим характеристикам, как цвет, структура, плотность и др. Собственно урбаноземы и экраноземы могут подстилаться бетонной плитой или кирпичной кладкой, их слои содержат гальку, шлак, гравий, а также разное количество строительного и бытового мусора (до 75 %).

Помимо представленных видов почв в г. Сарапуле можно выделить некроземы (1%), которые встречаются на территории городских кладбищ.

Урбаноземы – наиболее распространенный тип почв в г. Сарапуле, их доля составляет 44 %. Урбаноземы распространены в Центральном, Промышленном, Советском подрайонах района Центр (ул. Советская, Горького, Гагарина, Первомайская, Интернациональная, Азина, Ленина, К. Маркса и др.), в Ленинском, Южном районах и в районе «Элеконд», где наиболее интенсивна антропогенная нагрузка (рис. 1).

### **Урбанотехноземы.**

На территории г. Сарапула встречаются также искусственно созданные почвоподобные образования – урбанотехноземы (4 %). В данном типе городских почв выделяются реплантоземы.

Реплантоземы имеют среднюю мощность антропогенного профиля, равную 125 см (68-187см). Мощность гумусированного слоя равна в среднем 19 см (17-23 см). Гумусированный горизонт в большинстве случаев содержит торфосмесь.

Профиль реплантозема состоит в среднем из 4-х слоев, которые, как и в урбаноземах, могут содержать гальку, щебень, строительный и бытовой мусор.

Урбаноземы и реплантоземы отличаются по механическому составу от дерново-подзолистых почв. Если в дерново-подзолистых почвах верхние горизонты более легкие, чем нижние, то в урбаноземах и реплантоземах никакой закономерности нет. Это связано с насыпанием, перемешиванием горизонтов в результате хозяйственной и строительной деятельности человека.

Реплантоземы встречаются на искусственно созданных газонах вдоль дорог, на клумбах.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что на территории г. Сарапула происходит замещение естественного почвенного про-

филя антропогенным, обусловленное хозяйственной деятельностью человека. Преобладающими являются антропогенные глубоко преобразованные почвы, занимающие 44% площади г. Сарапула.

#### **4.1.2. Морфологическая трансформация почв г. Камбарки.**

На территории г. Камбарки нами выделены блоки почв, аналогичные почвам г. Сарапула (Приложение 1).

##### **Естественные ненарушенные почвы.**

Естественные ненарушенные почвы в пределах города по морфологическому сложению не отличаются от своих природных аналогов. Наиболее распространенными являются дерново-сильнопodzолистые почвы легкого механического состава.

Помимо дерново-подзолистых почв на территории г. Камбарки встречаются пойменные почвы.

Для естественных почв г. Камбарки характерно уплотнение корнеобитаемого слоя и захламливание поверхности материалами урбаногенного происхождения.

Дерново-подзолистые почвы распространены в лесном массиве на южной и восточной окраинах города, пойменные – в пойме реки Камбарка недалеко от центра города (рис.2). Доля естественных почв составляет 21%.

##### **Убанопочвы.**

Убанопочвы на территории Камбарки характеризуются мощностью профиля 148 см (132-168 см) и имеют мощность горизонта  $U_1$ , равную в среднем 16 см. Таким образом, данные почвы можно отнести к слабонарушенным. Убанопочвы характеризуются наличием включений строительного бытового мусора до 25%. Данные почвы характерны для значительной территории Камбарки, поскольку большую долю составляют частные дома с

приусадебными участками, почвы которых имеют нарушения менее 50 см и классифицируются как урбанопочвы.

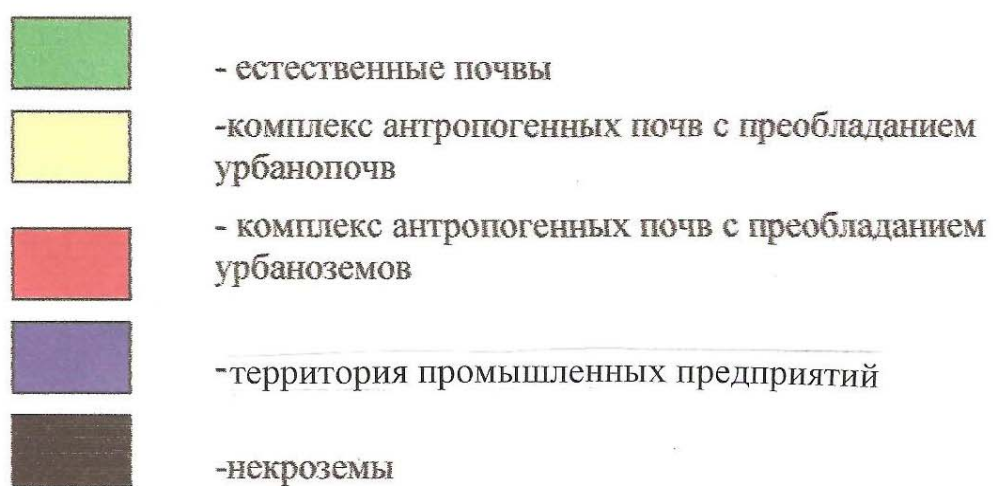
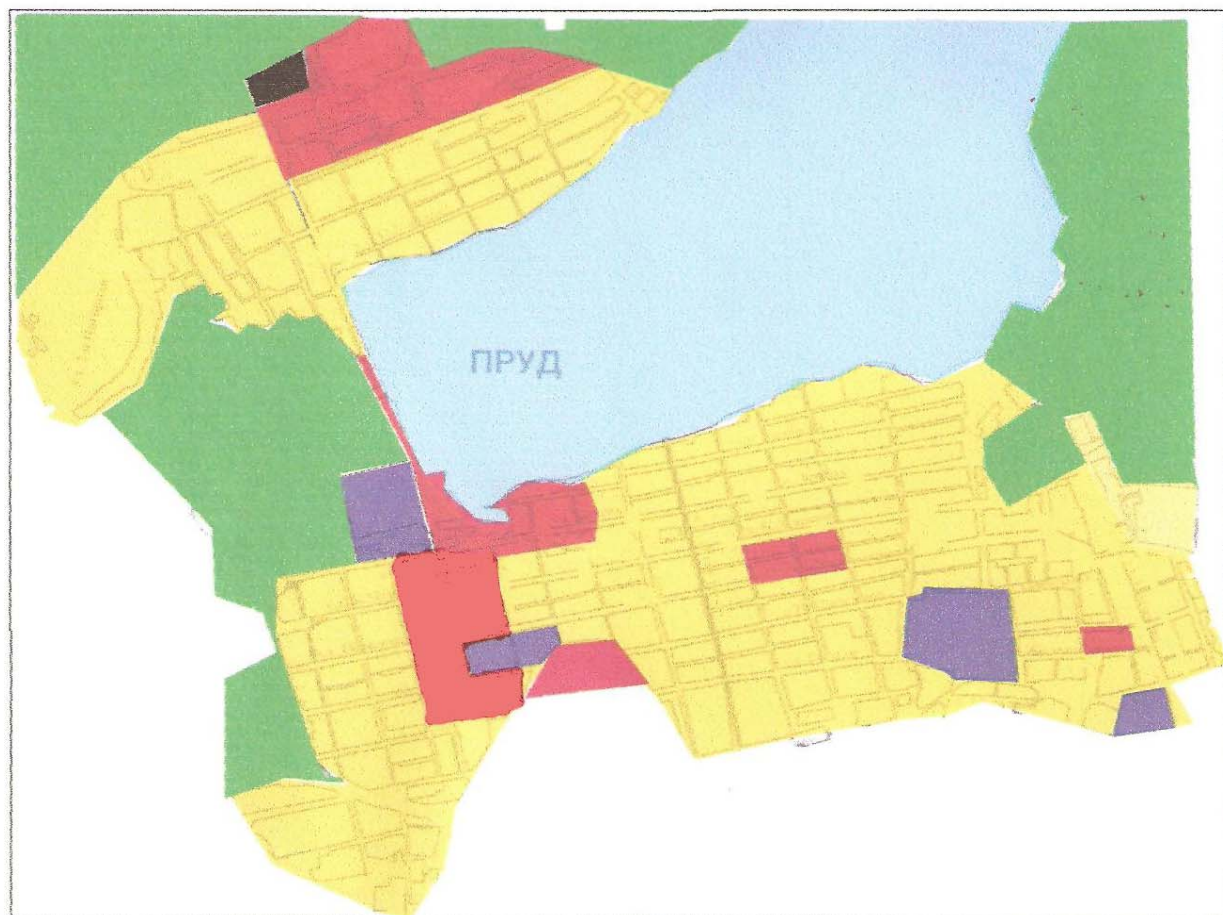


Рис. 2. Карта-схема современного почвенного покрова г. Камбарки

Данный тип почв характерен для района ул. Ленина, К. Маркса, Первомайская, Свободы, Н. Манохина, Разина, а также для заплотинной части города (ул. М.Горького, Октябрьская, Баржевинов) и является преобладающим для Камбарки (рис.2). Урбанопочвы занимают 66 % территории города.

### **Убаноземы.**

Убаноземы (собственно убаноземы и экраноземы) занимают незначительную часть города (12%).

Собственно убаноземы имеют мощность профиля, равную в среднем 146 см (98-193 см), экраноземы – 123 см (78-168 см) и состоят из 2-4 антропогенных слоев. Мощность поверхностного горизонта равна 12 см в убаноземах и 19 см в экраноземах. Данные виды почв содержат значительное количество включений антропогенного происхождения (до 75%).

На территории кладбища выделяются некроземы (0,2%).

Распространение убаноземов характерно для центральной части города, а также для заплотинной части в районе улицы Суворова (рис.2).

### **Урбанотехноземы.**

Данный тип почв представлен в г. Камбарке реплантоземами, приуроченными к газонам во дворах и к клумбам. Доля реплантоземов составляет 1%.

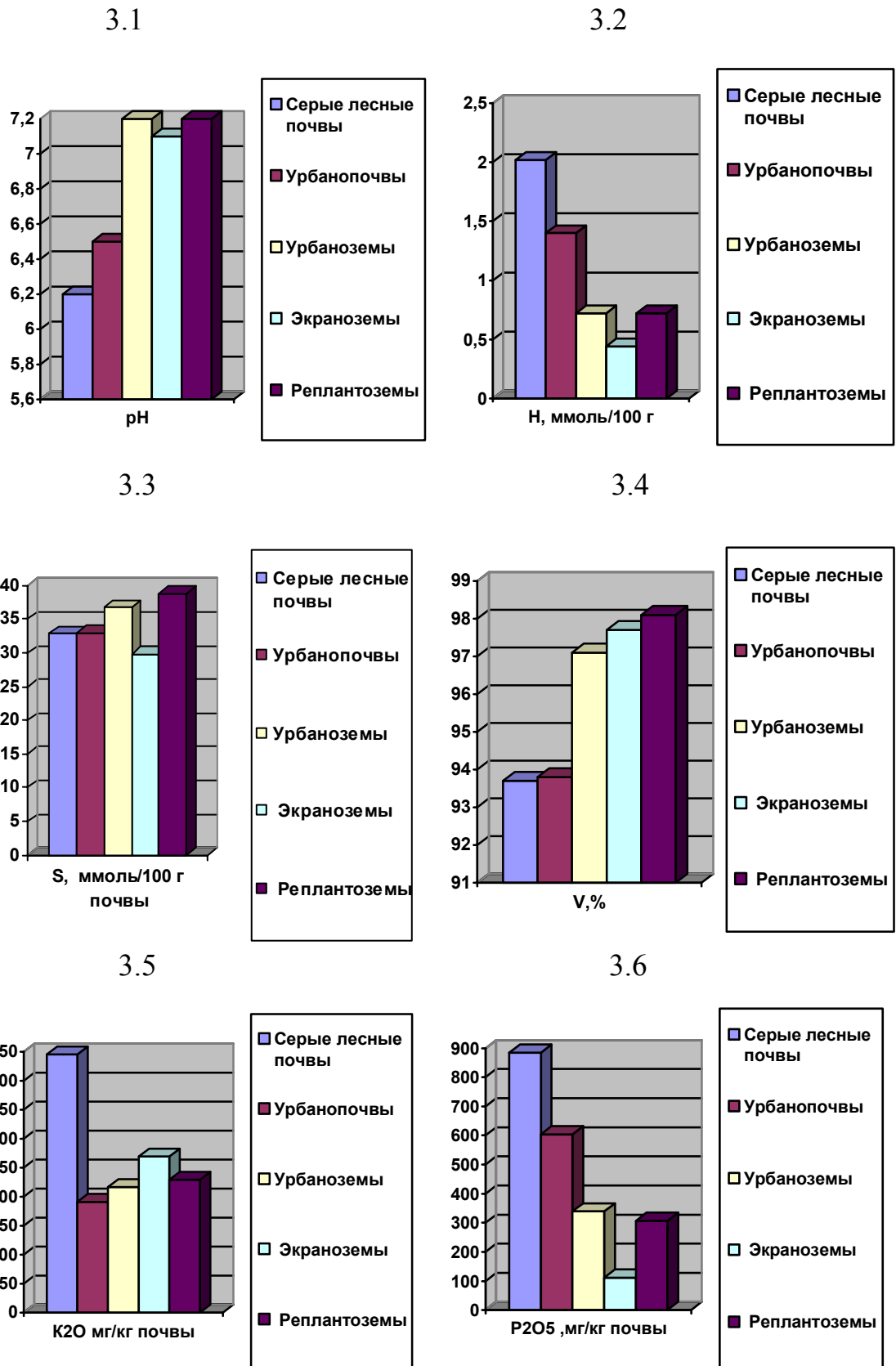
Таким образом, наиболее распространенными на территории г. Камбарки являются естественные нарушенные поверхностно преобразованные почвы (урбанопочвы).

В пределах г. Камбарки, как и г. Сарапула, нельзя четко выделить границы блоков почв, т.к. наблюдается комплексное распределение данных почв, поэтому на почвенной карте представлены комплексы почв с преобладанием какого-либо типа (рис. 2).



## 4.2. Трансформация агрохимических показателей почв г. Сарпула.

В городе в результате антропогенной деятельности наблюдается изменение агрохимической характеристики почв (рис. 3).



## 3.7

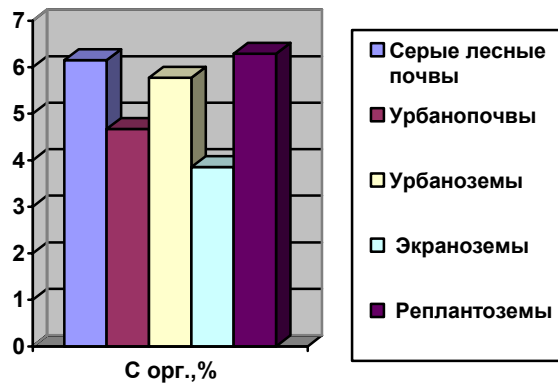


Рис. 3. Изменение агрохимических показателей в разных типах городских почв.

Результаты исследований показали, что в городе Сарапуле преобладают почвы с нейтральной и слабощелочной реакцией. В нарушенных почвах увеличивается показатель обменной кислотности. Если в естественных городских почвах средняя  $pH = 6,2$ , то в урбанопочвах –  $pH = 6,5$ , а в урбаноземах и урбанотехноземах  $pH = 7,2$  (рис.3.1). Полученные данные подтверждают мнение большинства исследователей, которые связывают высокую щелочность городских почв с поступлением большого количества пыли, содержащей карбонаты кальция и магния, поступающих с автомагистралей, и с использованием извести в строительном растворе, который хорошо выветривается, высвобождая кальций в почву. Кроме того, высокую щелочность можно объяснить попаданием в почву через поверхностный сток и дренажные воды хлоридов кальция и натрия, а также других солей, которыми посыпают тротуары и дороги зимой.

Гидролитическая кислотность уменьшается в нарушенных почвах по сравнению с ненарушенными (рис. 3.2).

Сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями повышается с увеличением степени нарушенности почв (рис.3.3, 3.4). Степень насыщенности основаниями в г. Сарапуле как в естественных, так и в

нарушенных почвах превышает 80 %. В экраноземах и урбаноземах она приближается к 100 %.

Концентрация подвижных форм фосфора и калия выше в зоне антропогенного влияния (рис. 3.5, 3.6). Особенно оно заметно на приусадебных участках, где высокие показатели вероятнее всего объясняются внесением минеральных удобрений. В городе сказывается загрязнение почв выбросами промышленных и пищевых предприятий, автомобильные загрязнения, осаждающиеся на почву вместе с пылью. На концентрацию  $P_2O_5$  и  $K_2O$  также могут значительное влияние оказывать природные факторы, а именно почвообразующие породы.

Содержание гумуса в нарушенных почвах меньше, чем в естественных ненарушенных за исключением урбанотехноземов, в которых содержание гумуса максимальное (рис. 3.7). Данную особенность можно объяснить насыщением торфосмеси при создании газонов. Наименьшее содержание гумуса наблюдается в экраноземах, что объясняется нахождением экраноземов под асфальтовым покрытием, которое препятствует проникновению органического вещества в почву.

Таким образом, по своим основным агрохимическим характеристикам нарушенные почвы г. Сарапула отличаются от естественных почв. С увеличением степени нарушенности почвенного профиля увеличиваются показатели обменной кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями. Показатель гидролитической кислотности, содержание подвижного фосфора и обменного калия уменьшаются в нарушенных почвах по сравнению с естественными ненарушенными.

Однако наиболее трансформированы поверхностные слои городских почв. При анализе поверхностных горизонтов естественных почв ( $A_1$ ), урбаноземов ( $U_1$ ) и урбанотехноземов ( $U_1h$ ) можно заметить, что в горизонтах  $U_1$  и  $U_1h$  показатели обменной кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями, содержание калия выше, чем в поверхностном горизонте естественных ненарушенных почв, что согласуется с дан-

ными М. Н. Строгановой (1992). Содержание подвижного фосфора наименьшее в  $U_1$ . Наибольшее содержание органического углерода наблюдается в поверхностном горизонте урбанотехноземов (табл. 3).

Таблица 3

**Агрохимические показатели поверхностных слоев городских почв  
разной степени нарушенности.**

	pH	H, ммоль/100 г почвы	S, ммоль/100 г почвы	V,%	C орг.,%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O мг/кг почвы
A <sub>1</sub>	6,5	1,87	36,65	94,26	84	656	35,4
U <sub>1</sub>	7,2	0,65	39,09	98,00	45	770	28,5
U <sub>1h</sub>	7,0	0,60	45,56	97,67	90	707	36,0

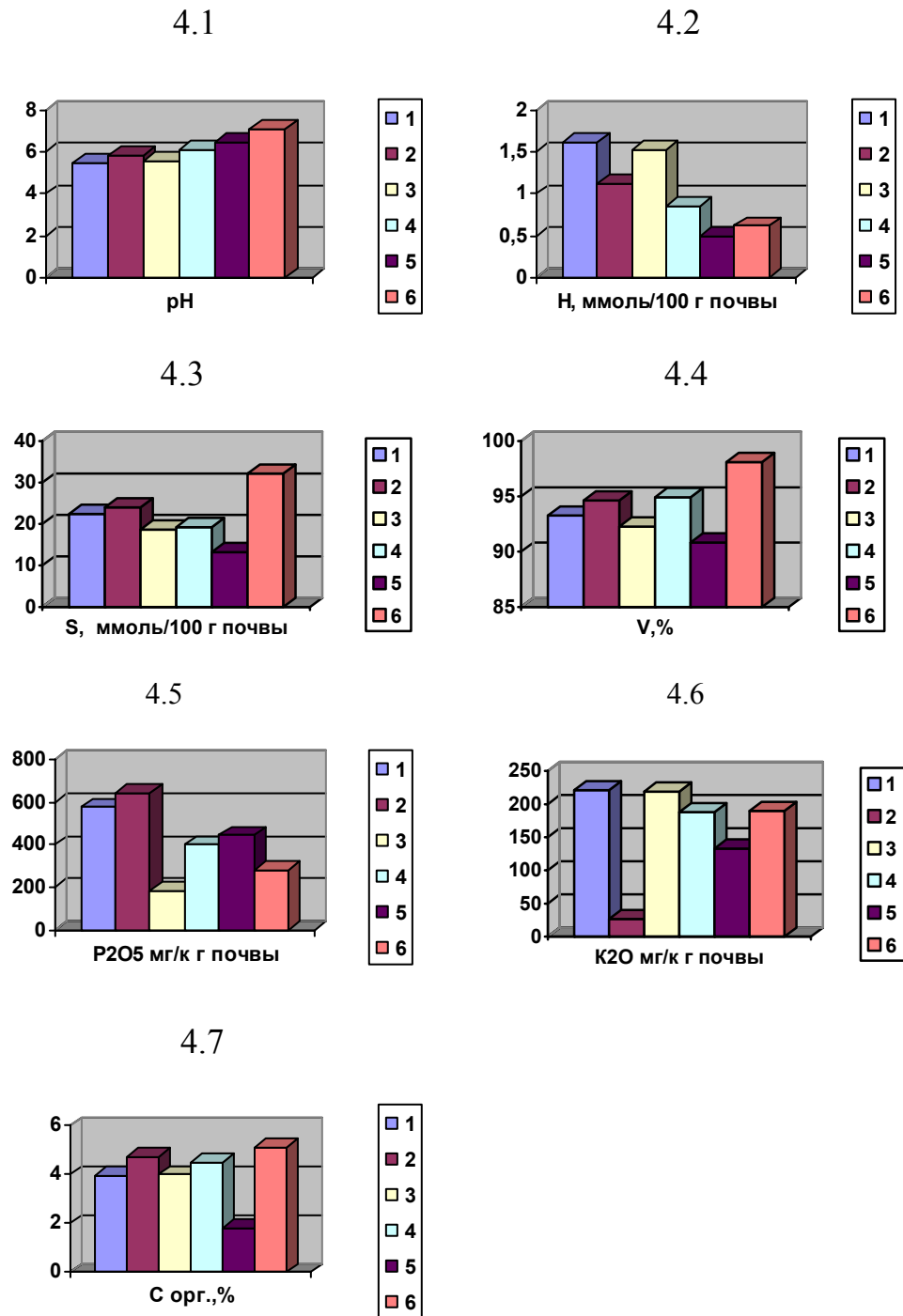
Однако, несмотря на то, что агрохимические показатели в горизонтах  $U_1$  и  $U_{1h}$  отличны от свойств горизонта  $A_1$ , данные горизонты в настоящее время достаточно пригодны по своим агрохимическим свойствам для произрастания растений. Для произрастания растительности важна другая проблема – переуплотнение корнеобитаемого слоя, вытаптывание, захламление гумусового горизонта строительным и бытовым мусором, галькой, шлаком.

В целом для городских почв отмечены следующие изменения: увеличение обменной кислотности, снижение гидролитической кислотности, незначительное уменьшение суммы поглощенных оснований, увеличение степени насыщенности основаниями, высокая обеспеченность подвижным фосфором и калием и увеличение содержания гумуса.

Оценивая агрохимические показатели городских почв, можно отметить положительные тенденции: от фоновых почв их отличает заметный рост всех показателей, кроме гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований. Такие изменения агрохимических показателей весьма благоприятны для активизации дернового почвообразовательного процесса и развития травянистой растительности.

### 4.3. Агрохимическая характеристика почв г. Камбарки.

В результате аэрогенных выбросов трансформированы агрохимические свойства всех почв, имеющих на территории города (рис. 4).



Примечание: 1 - Дерново-подзолистые почвы, 2 – пойменные почвы, 3 – урбанопочвы, 4 – урбаноземы, 5 – экраноземы, 6 – реплантоземы

Рис. 4. Изменение агрохимических показателей в разных типах городских почв.

Результаты исследований показали, что в городе Камбарке преобладают почвы с нейтральной и слабощелочной реакцией. В нарушенных почвах увеличивается показатель обменной кислотности (рис. 4.1). Если в естественных городских почвах среднее значение  $pH = 5,5$ , то в урбанопочвах –  $pH = 5,6$ , в урбаноземах –  $6,1$ , экраноземах –  $6,5$  и урбанотехноземах  $pH = 7,1$ . Данный факт является результатом антропогенного воздействия на почву.

Гидролитическая кислотность уменьшается в нарушенных почвах по сравнению с ненарушенными (рис. 4.2).

Сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями повышается с увеличением степени нарушенности почв (рис. 4.3, 4.4). Исключение составляют экраноземы, где данные показатели меньше, чем в естественных городских почвах, что связано с затруднением поступления оснований вследствие запечатывания почв. Степень насыщенности основаниями в г. Камбарке как в естественных, так и в нарушенных почвах превышает 80 %. В реплантоземах она приближается к 100 %.

Содержание гумуса в нарушенных почвах почти такое же, как в естественных ненарушенных за исключением урбанотехноземов, в которых содержание гумуса максимальное (рис. 4.7). Данную особенность можно объяснить насыпанием торфосмеси при создании газонов. Наименьшее содержание гумуса наблюдается в экраноземах, что объясняется их нахождением под асфальтовым покрытием, которое препятствует проникновению органического вещества в почву.

Таким образом, по своим основным агрохимическим характеристикам нарушенные почвы г. Камбарки отличаются от естественных почв. С увеличением степени нарушенности почвенного профиля увеличиваются показатели обменной кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями. Показатель гидролитической кислотности, содержание подвижного фосфора и обменного калия уменьшаются в нарушенных почвах по сравнению с естественными ненарушенными (табл.4).

Таблица 4.

**Агрохимические показатели поверхностных слоев городских почв  
разной степени нарушенности.**

	pH	H, ммоль/100 г почвы	S, ммоль/100 г почвы	V,%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O мг/кг почвы	C орг.,%
A <sub>1</sub>	5,5	1,45	16,52	91,93	556,5	237,3	4,2
U <sub>1</sub>	6,2	1,39	24,48	92,22	231,5	215,4	4,6
U <sub>1h</sub>	7,1	1,14	26,04	95,45	282,3	189,8	5,12

Анализ поверхностных горизонтов естественных дерново-подзолистых почв (A<sub>1</sub>), урбаноземов (U<sub>1</sub>) и урбанотехноземов (U<sub>1h</sub>) позволяет сделать вывод о том, что в горизонтах U<sub>1</sub> и U<sub>1h</sub> показатели обменной кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями выше, чем в поверхностном горизонте естественных ненарушенных почв, что согласуется с данными М. Н. Строгановой (1992). Содержание подвижного фосфора наименьшее в U<sub>1</sub>. Наибольшее содержание органического углерода наблюдается в поверхностном горизонте урбанотехноземов. Однако, несмотря на то, что агрохимические показатели в горизонтах U<sub>1</sub> и U<sub>1h</sub> отличны от свойств горизонта A<sub>1</sub>, данные горизонты по своим агрохимическим свойствам в настоящее время пригодны для нормального функционирования растений.

Почвы г. Камбарки можно отнести к почвам с повышенным содержанием гумуса. Самые высокие показатели были отмечены в почвенных образцах поймы и газонов, что можно объяснить как естественным процессами гумусообразования в пойменных почвах, так и значительным влиянием окультуренности: внесением органических удобрений, торфосмесей на поверхность газонов.

В целом для городских почв отмечены следующие изменения: увеличение обменной кислотности, снижение гидролитической кислотности, увеличение суммы поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями, высокая обеспеченность подвижным фосфором и калием и увеличе-

ние содержания гумуса. Такие изменения агрохимических показателей весьма благоприятны для активизации дернового почвообразовательного процесса и развития травянистой растительности.

#### **4.4. Характеристика загрязнения почв тяжелыми металлами (Cu, Mn, Zn, Fe).**

Данные о содержании в почвах подвижных форм меди, марганца, цинка и железа являются одними из составляющих, которые вместе с агрохимическими показателями дают представление об экологическом состоянии почвенного покрова городов. Состав и объемы выпадений перечисленных элементов зависят от производственной структуры города, природно-климатических условий. ТМ попадают в атмосферу в составе газообразных выделений и дымов, а также в виде техногенной пыли. С дождевой водой они попадают в почву, которая в силу ярко выраженной поглотительной способности очень хорошо удерживает положительно заряженные ионы металлов. Постепенно поступление их даже в малых количествах может привести к постепенному накоплению металлов в почве (Дзаноков, 2001). Среди поставщиков в окружающую среду ТМ на первое место в г. Сарапуле и г. Камбарке необходимо поставить машиностроение, теплоэнергетику и автотранспорт, доля которого составляет 66% от общего объема выбросов загрязняющих веществ (Бясов и др., 2001).

##### **4.4.1. Загрязнение почв г. Сарапула ТМ в зависимости от степени нарушения естественного сложения.**

Антропогенная трансформация почв оказывает влияние не только на морфологические и агрохимические свойства, но и на содержание в них ТМ (рис. 5).



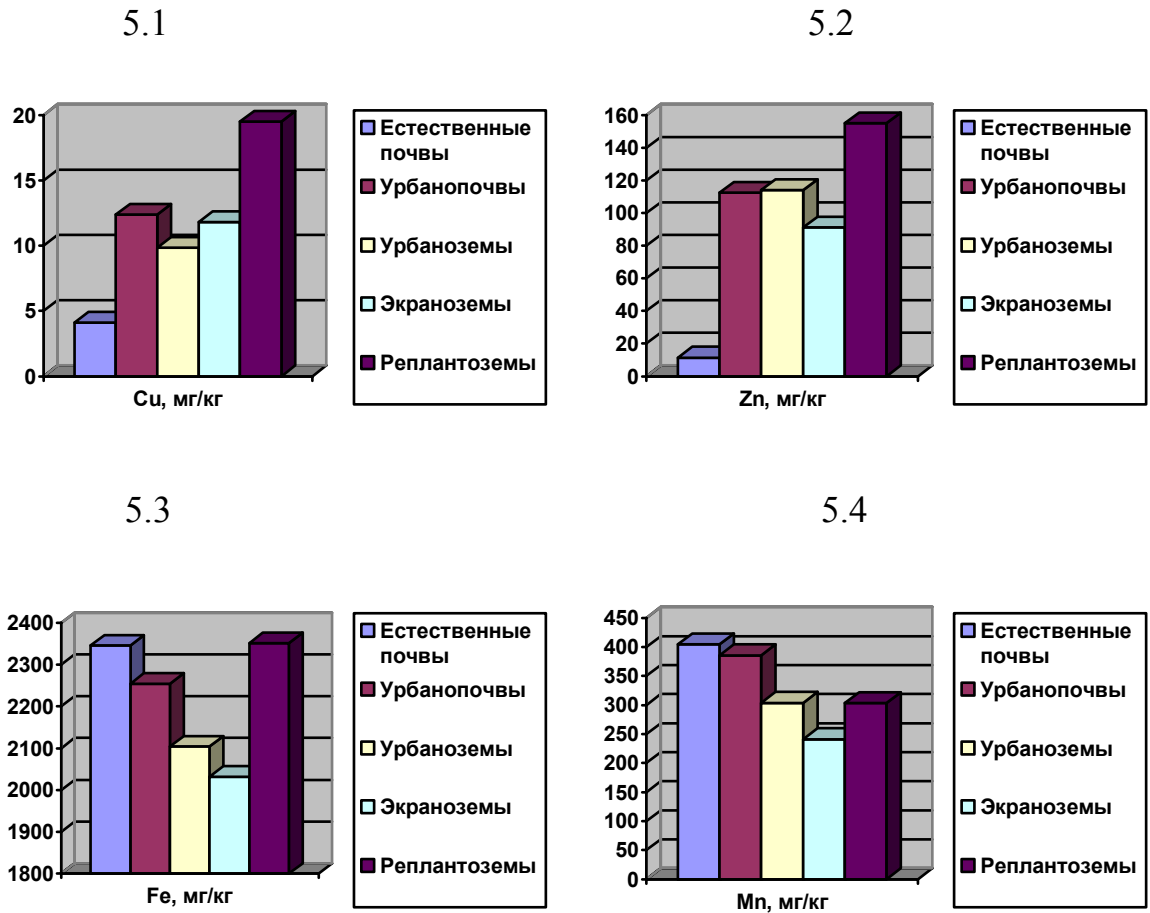


Рис. 5. Содержание ТМ в почвах г. Сарапула разной степени нарушенности.

Полученные данные свидетельствуют о неоднозначности распределения ТМ в разных блоках городских почв.

Содержание меди увеличивается в нарушенных почвах (рис. 5.1). Максимальное содержание меди, цинка и железа наблюдается в реплантоземах, что объясняется расположением данных почв в непосредственной близости к дорогам, а, следовательно, повышенным аэрогенным поступлением данных металлов с выхлопными газами автомобилей. Для цинка характерно увеличение концентрации с увеличением степени преобразованности почв (рис.5.2). Однако в экраноземах содержание цинка наименьшее, что может быть связано с затруднением поступления его через экранирующую поверхность. Содержание Zn и Cu во всех блоках почв превышает фоновое значение

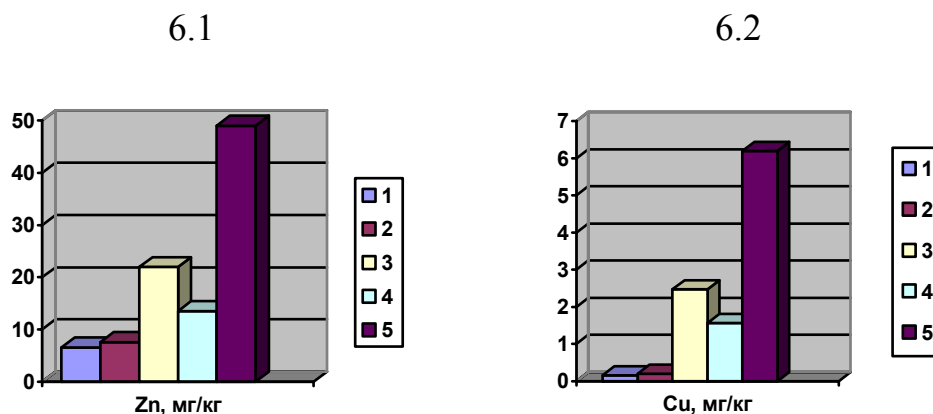
(11 мг/кг и 2,5 мг/кг соответственно). Нормальная концентрация цинка превышена в урбанопочвах – в 10,1, в урбаноземах – в 11,2, в реплантоземах – в 14,1 раза. В данных блоках почв наблюдается превышение ПДК Zn (23мг/кг).

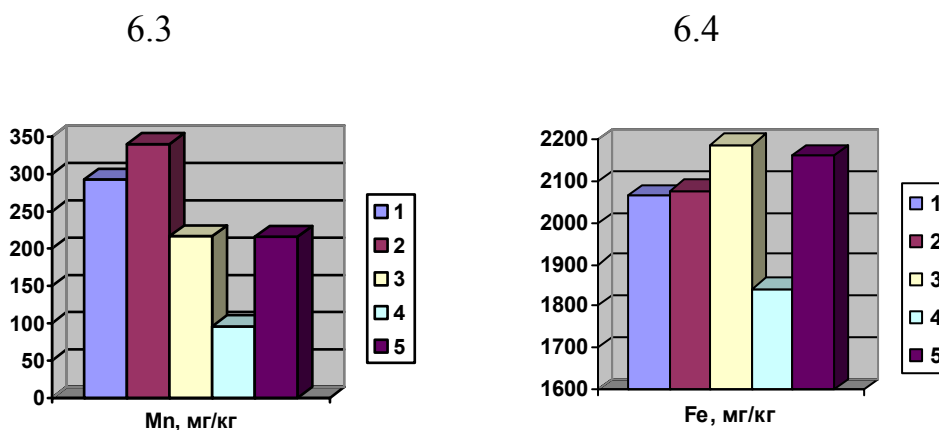
Четкая тенденция к снижению содержания с увеличением степени нарушенности почв наблюдается для марганца и железа за исключением реплантоземов, в которых концентрация названных элементов увеличивается (рис. 5.3, 5.4). Максимальная концентрация марганца наблюдается в естественных почвах, что подтверждает известный факт о высокой биогенности марганца. Содержание Fe превышает фоновый уровень (2310 мг/кг) в реплантоземах в 1,1 раза. В остальных блоках почв фоновое содержание железа не превышено. Содержание марганца выходит за пределы нормы (138, 31 мг/кг) в урбанопочвах – в 2,8, урбаноземах и реплантоземах - в 2,1 в экраноземах – в 1,6 раза.

Таким образом, степень преобразованности почв оказывает влияние на распределение ТМ в условиях г. Сарапула.

#### 4.4.2. Загрязнение почв г. Камбарки ТМ в зависимости от степени нарушенности.

Распределение подвижных форм Zn, Cu, Mn и Fe в блоках почв г. Камбарки во многом зависит от степени антропогенной трансформации. Немаловажное значение имеют также свойства самого металла (рис.6).





Примечание: 1 – естественные дерново-подзолистые почвы, 2 – урбанопочвы, 3 – урбаноземы, 4 – экраноземы, 5 – реплантоземы

Рис. 6. Содержание ТМ в разных типах почв города Камбарки.

Результаты исследований позволили выявить следующие закономерности в распределении элементов в почвах разной степени нарушенности.

Максимальное содержание цинка и меди наблюдается в реплантоземах (рис. 6.1, 6.2). Концентрация данных элементов увеличивается в нарушенных почвах за исключением экраноземов. Причины данного явления рассмотрены выше (4.4.1). Фоновое значение Cu (2,17 мг/кг) превышено в урбаноземах в 1,1 раза, в реплантоземах – в 7,5 раз. Нормальная концентрация Zn превышена во всех блоках почв в 6-49 раз.

Максимальное содержание марганца наблюдается в урбанопочвах (340 мг/кг), минимальное – в экраноземах (95,7 мг/кг) (рис. 6.3).

В распределении железа по блокам почв наблюдается тенденция к увеличению его содержания в нарушенных почвах с минимумом в экраноземах (рис. 6.4). Концентрация Fe превышена по сравнению с фоном (1268 мг/кг) во всех почвах в 1,1-1,9 раз. Предельно допустимая концентрация данных металлов не превышена.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что степень нарушенности почв оказывает влияние на содержание в них тяжелых металлов. Концентрации Cu, Zn и Fe в почвах увеличиваются с повышением степени

трансформации почв, Mn – снижаются. Уменьшение концентрации всех элементов наблюдается в экраноземах, что связано с запечатывающим эффектом асфальтового покрытия.

#### **4.4.3. Пространственное распределение ТМ в почвах г. Сарпула.**

Распределение подвижных форм меди, цинка, марганца и железа во многом зависит от положения почв относительно источников загрязнения.

Среднее содержание подвижных форм меди в большинстве почвенных проб превышает фоновые значения (фон (Cu) – 2,5 мг/кг) в 3,9-9 раз. Содержание подвижных форм меди превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК (Cu) – 3 мг/кг (Кротов, Карелин, Лойт, 2000)) в 3,3-7,5 раз. Распределение меди отличается большой пестротой. Особенно высокие концентрации приурочены к улицам Азина, К. Маркса, Раскольниковова, 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 (рис. 7). Высокое содержание данного элемента фиксируется также в почвах по ул. Путьской и вдоль железнодорожного полотна. Локальные загрязнения отмечаются на некоторых приусадебных участках, что, вероятно, объясняется неосторожным внесением удобрений или других химических веществ (пестицидов, инсектицидов, гербицидов), содержащих медь. 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».

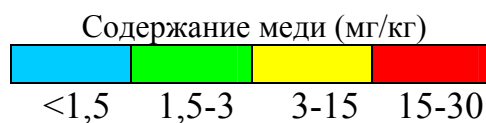
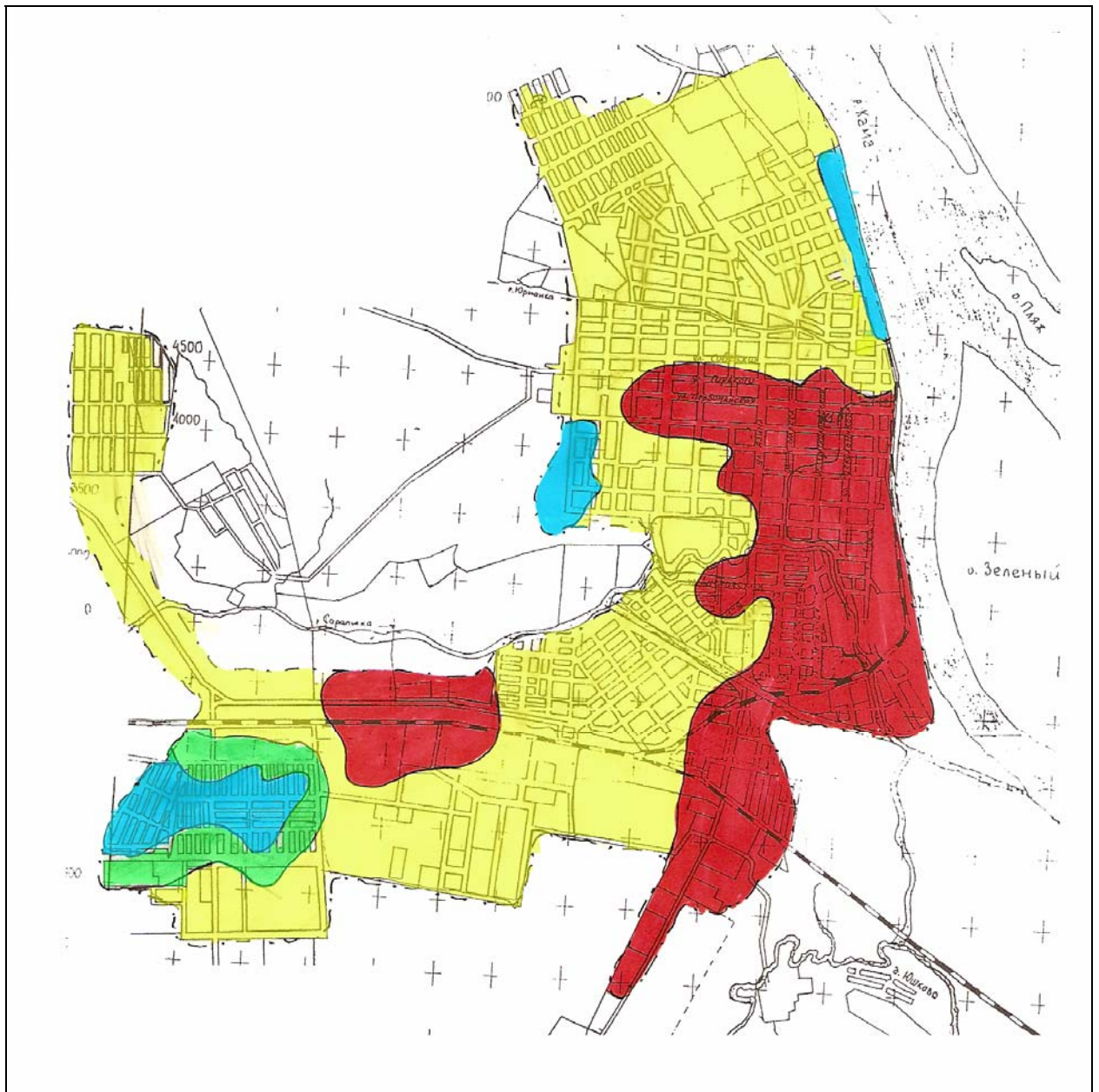


Рис. 7. Содержание подвижных форм меди в почвах г. Сарапула.

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. Существует тенденция распределения зон с повышенным содержанием Mn в южном и юго-западном направлении, что соответствует среднегодо-

вой розе ветров. А поскольку основные предприятия-загрязнители располагаются в южной части города (ТЭЦ, ЭГЗ и др.), можно сделать вывод, что даже при общем невысоком содержании марганца в почвах не исключается влияние промышленных выбросов в атмосферу и сточные воды на накопление химических элементов в почвенном покрове. 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).

Содержание подвижных форм цинка в городе колеблется в довольно широких пределах: от следовых значений до значительно превышающих предельно допустимые концентрации. Среднее содержание элемента в почвах в несколько раз превышает фоновое значение (фон (Zn) –11 мг/кг) в 6-11 раз. В большинстве проб средние концентрации Zn, полученные в ходе исследования, превышают ПДК (23 мг/кг (Кротов, Карелин, Лойт, 2000)) в 2-5 раз. Наиболее высокие концентрации цинка, как и меди, характерны для почв Промышленного подрайона, а также ул. Путейской, вдоль которой располагаются цементный завод, автозаправочные станции, автомастерские. Наименее загрязненными являются почвы микрорайона «Дачный», а также почвы лесополосы, расположенной на Старцевой горе (рис.8).

Анализ полученных данных позволяет отнести почвы г. Сарапула к почвам с очень высоким содержанием цинка (>60 мг/кг).

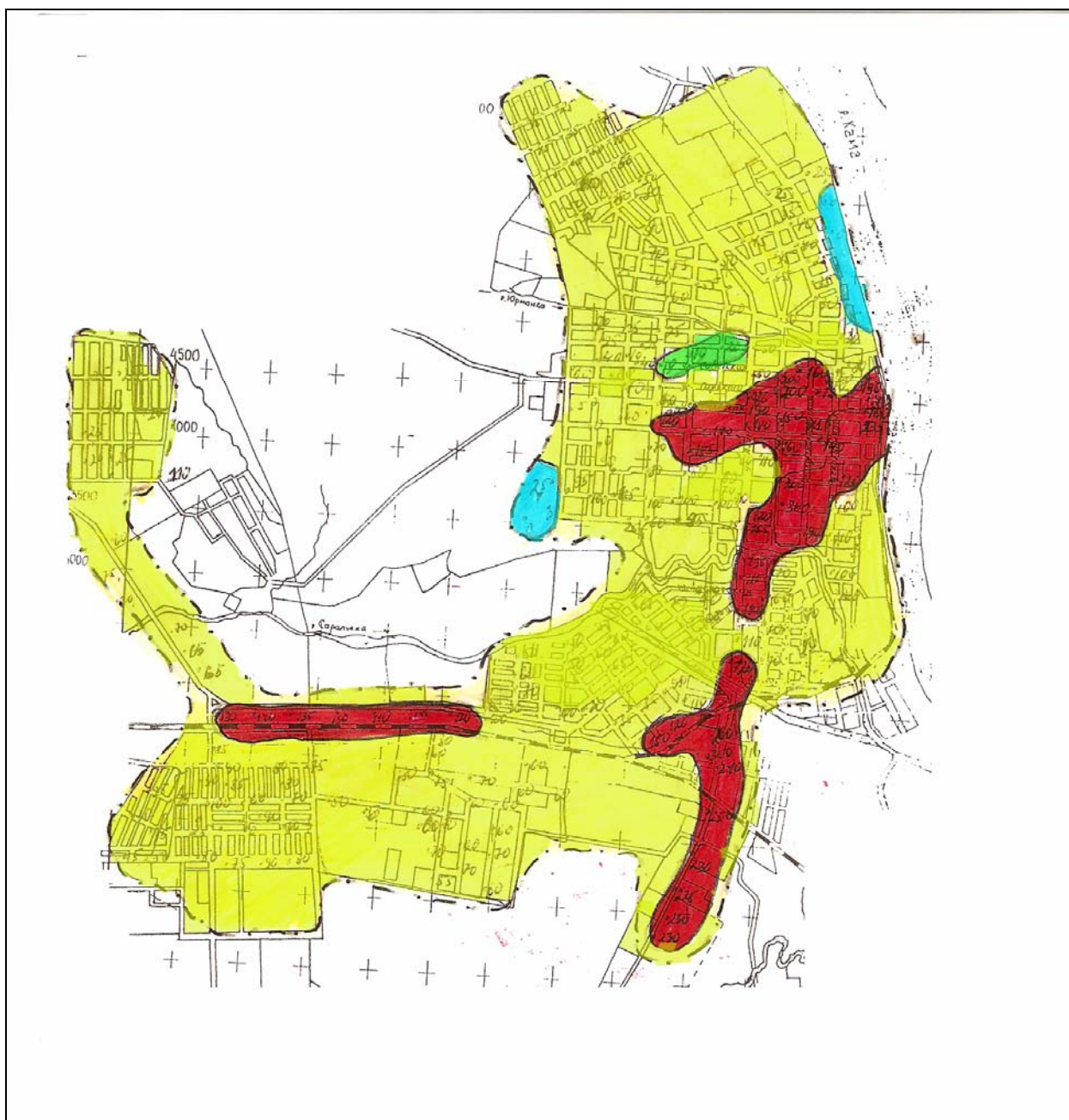


Рис.8. Содержание подвижных форм цинка в почвах г. Сарапула

Распределение подвижных форм железа в почвах г. Сарапула изменяется в интервале от 1080 до 3680 мг/кг почвы. Самые высокие концентрации были обнаружены в почвах вблизи железнодорожного полотна, наименьшие – в почвах лесопарков Дачного подрайона и Нагорного района.

В ходе исследования выяснено, что наиболее загрязненными территориями являются почвы, находящиеся вблизи дорожного полотна. Это подтверждает мнение многих исследователей, согласно которому автотранспорт является одним из наиболее крупных поставщиков цинка. Мазут, дизельное топливо, содержат повышенные количества различных ТМ, которые при высокотемпературных процессах сжигания топлива образуют газообразные соединения, в меньшей степени твердые аэрозоли, и формируют в приземной атмосфере, а затем и на почве обширные поля загрязнений (Никитин, 2000). Подтверждает этот факт то, что самые высокие значения содержания ТМ были получены при анализе почвы, взятой около Автовокзала, АЗС и крупных дорог: улиц Азина, Пролетарской и К. Маркса, Путейской.

В южной части города расположена Сарапульская ТЭЦ. В г. Сарапуле господствуют ветры южных и юго-западных направлений зимой и северо-западных – летом, поэтому вредные выбросы электростанции направлены в сторону города, что ухудшает воздушный бассейн жилых массивов. В последние несколько лет Сарапульская ТЭЦ перешла на жидкое топливо. До этого же времени содержащиеся в каменном угле примеси различных металлов посредством дымовых выбросов загрязняли атмосферу, и таким образом, оформили современную картину загрязнения почвенного покрова близлежащих районов вплоть до района железнодорожного вокзала (прослеживается влияние на загрязнение ветрового режима). Высокие концентрации цинка были обнаружены на территории многих приусадебных хозяйств, что вызывает серьезные опасения ( $> 5$  ПДК – 10% почв). В данном случае, вероятно, имеет место загрязнение почвы ядами или другими химическими веществами, применяемыми в сельском хозяйстве. Также может сказываться техногенное давление, так как большинство из участков не просто располагаются в



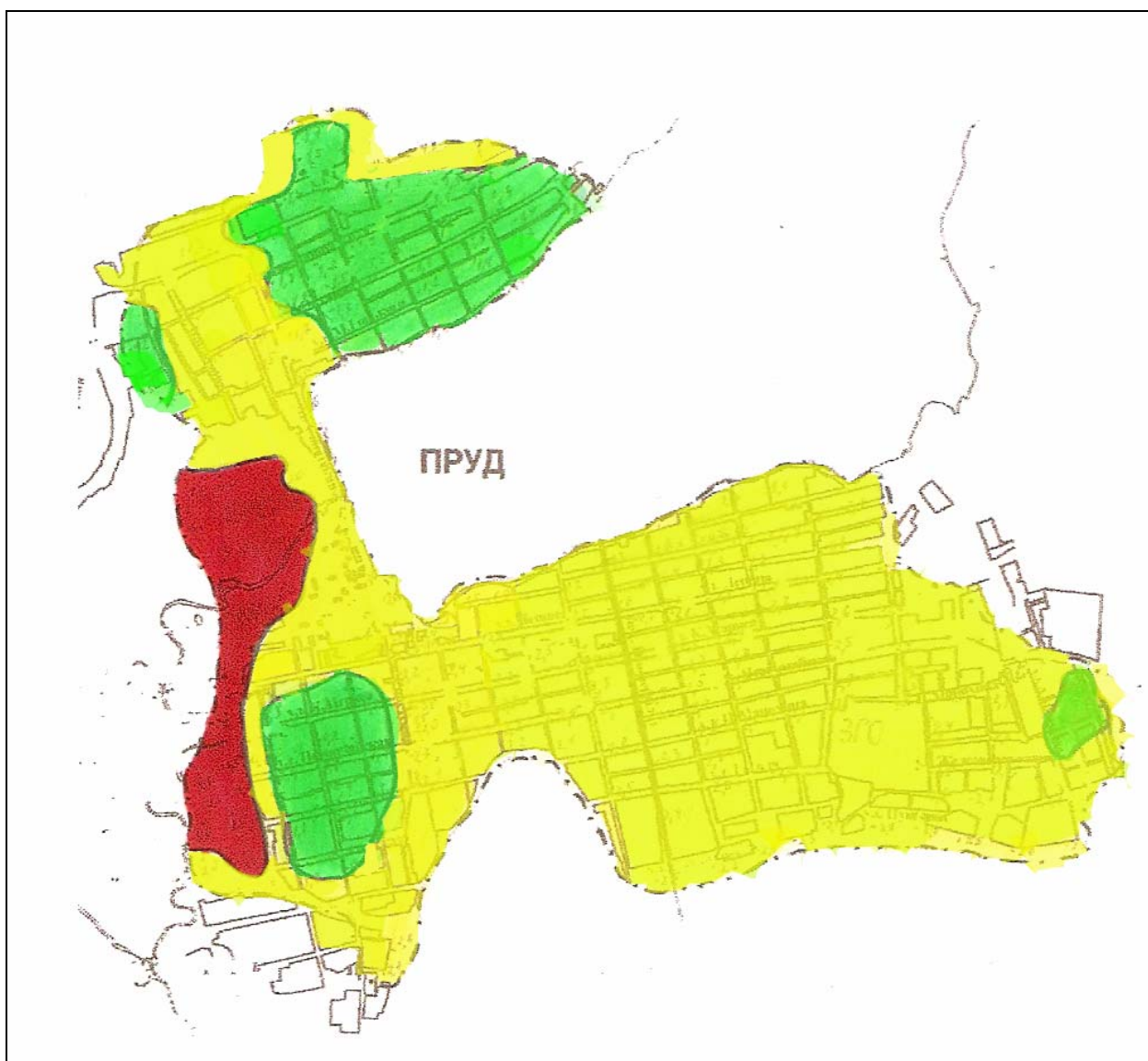
черте города, но и занимают самые невыгодные места относительно источников загрязнения.

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.

#### **4.4.4. Пространственное распределение ТМ в почвах г. Камбарки.**

Отличия в распределении ТМ на территории г. Камбарки, как и г. Сарапула, определяются особенностями использования территории и расположением почв относительно источников выбросов. В пространственном распределении подвижных форм элементов выявлен ряд закономерностей.

Содержание меди максимально в почвах поймы (3,47 мг/кг), минимально – в почвах приусадебных участков (0,20 мг/кг). Фоновое содержание меди (2,17 мг/кг) превышено в 1,1-1,6 раз. Невысокое содержание меди характерно для Заплотинного района, возвышенный рельеф которого препятствует распространению меди от предприятий-загрязнителей, расположенных в центре города (рис. 9). ПДК меди (3 мг/кг) превышено лишь в почвах поймы.



Содержание меди (мг/кг)

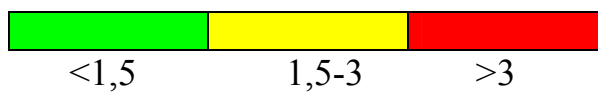
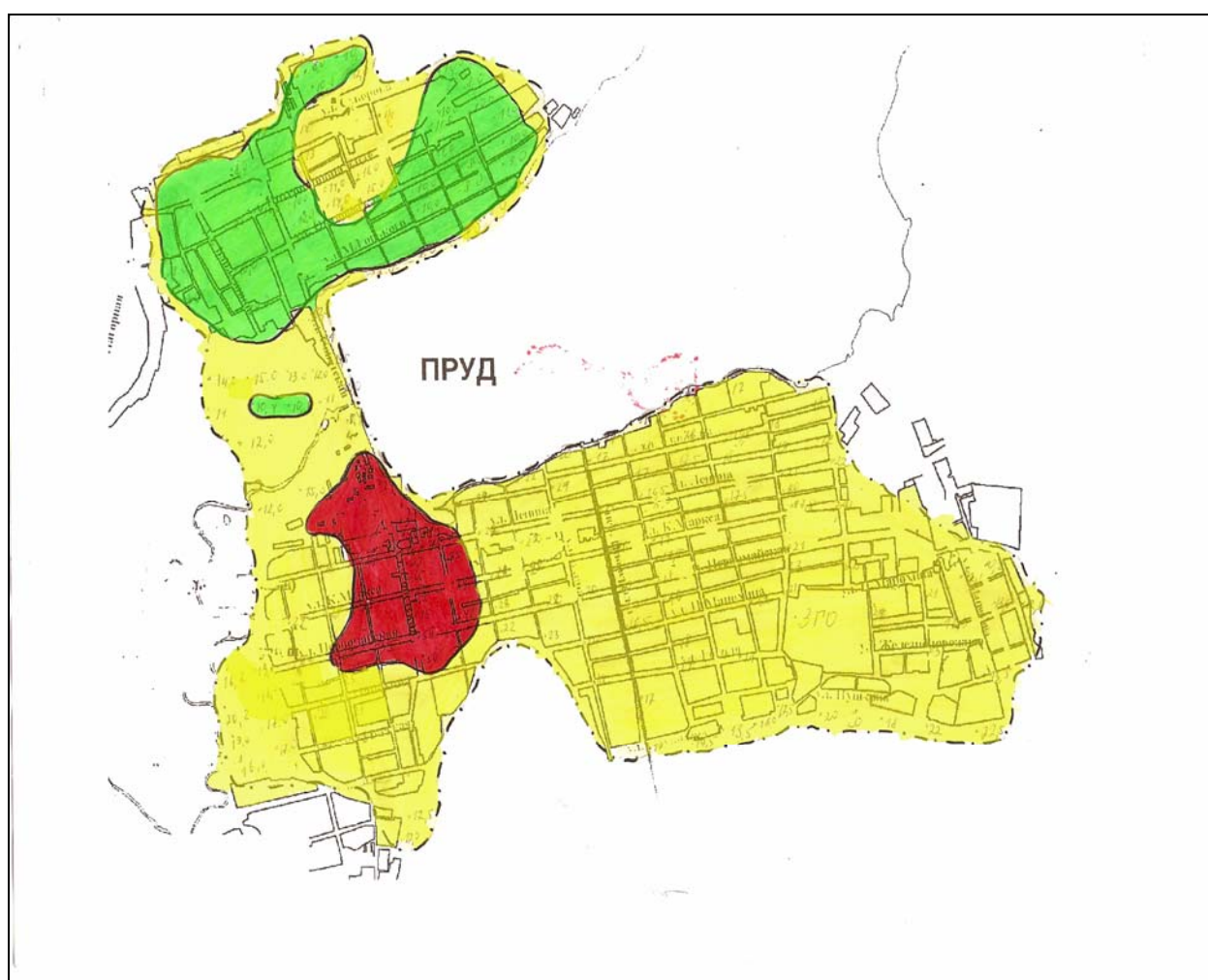


Рис. 9. Содержание подвижных форм меди в почвах г. Камбарки

Концентрация подвижных форм цинка превышает фон (7,54 мг/кг) в 2-7 раз. Максимальное содержание цинка в почвах городских скверов вдоль ул. Советской (рис. 10) объясняется их расположением в непосредственной близости к Камбарскому машиностроительному заводу и заводу «Металлист», а также влиянием автотранспорта, интенсивность движения которого по ул. Советской велика. ПДК цинка (23 мг/кг (Кротов, Карелин, Лойт, 2000)) на всей территории, за исключением участка по ул. Советской, не превышена.



Содержание цинка (мг/кг)

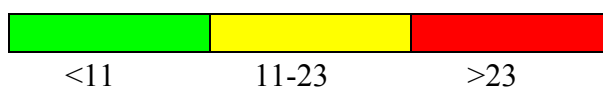


Рис.10. Содержание подвижных форм цинка в почвах г. Камбарки.

Для почв поймы характерно повышенное содержание воднорастворимых форм марганца, значение которого превышает фоновое (393 мг/кг) в 1,6 раза.

Максимальное содержание железа наблюдается в почвах скверов (2963 мг/кг) по ул. Советской и вдоль железнодорожного полотна (2575 мг/кг). Высокая концентрация данного элемента характерна также для поймы (2450 мг/кг). Наименьшее содержание железа наблюдается в лесном массиве (1286 мг/кг). В почвах г. Камбарки фиксируется превышение фонового содержания Fe (1268 мг/кг) в 1,1-2 раза.

Повышенное содержание ТМ 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.

При сравнении данных о содержании подвижных форм элементов в почвах города Камбарки с результатами исследований, проведенных при инженерно-экологических изысканиях Камбарского района в 2000 году (Отчет. Инженерно-экологические изыскания на территории Камбарского района УР. ОАО «Прикампромпроект» 2000 г.), в ходе которых было определено валовое содержание тяжелых металлов в почве, видно, что концентрация подвижных форм цинка и меди и валовое содержание данных элементов повышены в районе Камбарского машиностроительного завода (пробы 9158, 9159), улицы К. Маркса (проба 9168). Невысокие концентрации подвижных форм и низкое валовое содержание данных элементов характерно для Заплотинного района (пробы 9162, 9164, 9165 (табл. 5)).

Таблица 5

**Значения поэлементных показателей концентрации химических элементов по территории г. Камбарка (Отчет. Инженерно-экологические изыскания на территории Камбарского района УР. ОАО «Прикампромпроект» 2000 г.)**

№№ проб	Поэлементные показатели Кс		
	Zn	Cu	Mn
<b>СЗЗ объекта раснаряжения (г. Камбарка)</b>			
9151	1,4	0,8	1,6
9152	1,7	1,0	0,5
9153	0,6	1,4	0,6
9154	2,4	3,3	2,4
9155	35,8	4,9	3,0
9156	0,5	1,5	0,5
9157	2,0	1,4	0,6
9158	0,8	2,3	0,5
9159	3,1	1,3	0,7
9160	0,7	1,8	0,4
9161	1,6	0,6	0,6
9162	0,5	0,7	0,4
9163	1,2	1,4	0,5
9164	0,6	0,7	0,4
9165	0,4	0,4	0,4
9166	0,9	0,5	0,3
9167	0,8	1,2	0,5
9168	2,0	0,7	0,9
9169	1,0	1,7	0,4
9170	0,4	1,3	0,3
9171	2,0	1,0	0,5
9172	0,5	0,9	0,4
9173	0,8	1,0	0,4
9174	1,3	0,9	0,4
9175	1,4	1,0	0,4
9176	0,6	0,8	0,3
9177	1,4	0,8	0,5
9178	0,8	0,9	0,4

Превышения ПДК меди и цинка могут объясняться как загрязнением почв от автомобильного и железнодорожного транспорта и перевозимых гру-

зов, осаждением пылегазовых выбросов от предприятий г. Камбарка и Кармановской ГРЭС, так и колебаниями природного фона.

#### **4.5. Сравнительный анализ трансформации свойств почв г. Сарапула и г. Камбарки.**

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). Среди естественных почв на территории г. Сарапула преобладают серые лесные оподзоленные почвы и дерново-сильнопodzолистые почвы тяжелого механического состава, в пределах города Камбарки преобладают дерново-сильнопodzолистые супесчаные почвы. Урбанопочвы и урбаноземы г. Сарапула отличаются от аналогичных почв г. Камбарки более высокой мощностью профиля и большим количеством антропогенных горизонтов, что обуславливается старшим возрастом г. Сарапула (226 лет в статусе города) и интенсивной хозяйственно-промышленной деятельностью. Для всех блоков почв обоих городов характерно переуплотнение корнеобитаемого слоя, уменьшения количества почвенных животных, снижение аэрации и влажности, что неблагоприятно сказывается на условия функционирования растений.

При сравнении доли каждого типа почв от общей площади городов Сарапула и Камбарки видно, что в Сарапуле доминирующими являются антропогенные глубоко преобразованные почвы (урбаноземы), в Камбарке - урбанопочвы. Доля естественных ненарушенных почв больше в г. Камбарке (табл. 6).

**Распространение блоков почв на территории г. Сарапула и г. Камбарки.**

Почвы	Распространение (%)	
	г. Сарапул	г. Камбарка
Естественные	17	21
Урбанопочвы	35	66
Урбаноземы	44	12
Урбанотехноземы	4	1

Таким образом, сравнительный анализ распространения блоков почв на территории городов и степени морфологической трансформации показывает его зависимость от площади города, численности населения, развития промышленно-транспортного комплекса.

Анализ трансформации **агрохимических свойств** городов позволяет сделать вывод о том, что во всех блоках почв г. Сарапула основные показатели выше, чем в аналогичных почвах г. Камбарки (табл. 7).

Таблица 7

**Основные агрохимические показатели почв разной степени нарушенности в г. Сарапуле (1) и г. Камбарке (2).**

	рН		Н, ммоль/100 г		S, ммоль/100 г почвы		V, %	
	1	2	1	2	1	2	1	2
I	6,2	5,5	2,0	1,62	32,88	22,43	93,7	93,26
II	6,5	5,6	1,4	1,53	33,02	18,65	93,8	92,27
III	7,2	6,1	0,72	0,86	36,7	19,25	97,1	94,93
IV	7,1	6,5	0,44	0,49	29,83	13,24	97,7	90,83
V	7,2	7,1	0,72	0,62	38,85	32,17	98,1	98,11

Табл. 7 (продолжение)

	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, мг/кг почвы</b>		<b>K<sub>2</sub>O мг/кг почвы</b>		<b>C орг.,%</b>	
	1	2	1	2	1	2
I	884,7	576,2	445,3	221,2	6,15	3,98
II	603,6	183,7	191,0	219,0	4,67	4,01
III	339,1	400,6	216,5	187,9	5,77	4,51
IV	112,0	443,7	269,0	132,9	3,85	1,81
V	307,0	281,4	229,0	189,8	6,29	5,12

Примечание: I – естественные почвы, II – урбанопочвы, III – урбаноземы, IV – экраноземы, V – урбанотехноземы.

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

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что почвы г. Сарапула по своим агрохимическим показателям более благоприятны для функционирования растений, чем почвы г. Камбарки.

Результаты исследований содержания **подвижных форм меди, цинка, марганца и железа** выявили повышение концентрации данных элементов в почвах разной степени нарушенности в условиях г. Сарапула по сравнению с г. Камбаркой (табл.8)

Содержание меди в почвах г. Сарапула разной степени нарушенности больше ее концентрации в аналогичных почвах г. Камбарки в 3-10 раз, цинка – в 4-15 раз, марганца – в 1,5 – 2 раза, железа – 1,1-1,1, раза.



Таблица 8

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

	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	49,00	303	216	2352	2163

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

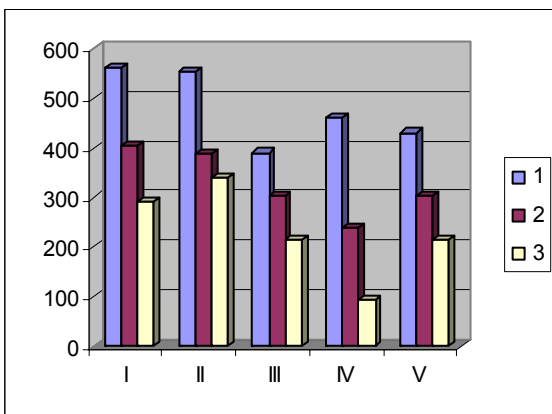
Распределение ТМ по блокам почв в обоих городах имеет сходную тенденцию: увеличение содержания Zn и Cu с повышением степени нарушения естественного сложения почв с небольшим уменьшением концентрации в экраноземах и снижение содержания Mn и Fe с минимумом в экраноземах.

Повышенное содержание ТМ в почвах г. Сарапула по сравнению с г. Камбаркой подтверждает факт влияния гранулометрического состава на концентрацию элементов в почве (Janikauskaitė M. и др., 1986, Иванов Г.М., 1989). Гранулометрический состав почвы определяет ее удельную поверхность, а следовательно, и содержание тяжелых металлов, связанных с глинистой фракцией. Глинистые минералы чаще всего сорбируют Cu и Zn, в почвах с высоким наличием глинистой и илистой фракцией содержится повышенное

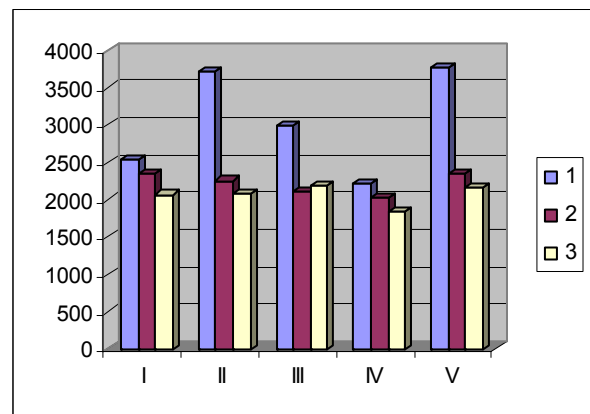
количество Fe (Овчаренко,1997). Повышенная концентрация ТМ в почвах г. Сарапула обусловлена также большим, по сравнению с почвами г. Камбарки, содержанием органического вещества в почвах г. Сарапула, поскольку органическое вещество играет одну из главных ролей в миграции и сорбции тяжелых металлов. Способность почв содержать тяжелые металлы в растворенном виде зависит от характера и количества органического вещества. При высоком содержании органического вещества, что наблюдается в почвах г. Сарапула, в почве выше содержание подвижных форм Cu, Zn, Fe, что согласуется с данными М. М. Овчаренко (1997). Большое значение имеют также почвообразующие породы. В г. Сарапуле почвы образованы на красноцветных глинах, которые имеют лучшую обеспеченность элементами, чем аллювиальные отложения, на которых сформированы почвы г. Камбарки.

При сравнении загрязнения почв тяжелыми металлами в ряду Ижевск – Сарапул – Камбарка видна четкая тенденция к уменьшению концентрации только для марганца (рис.11.1) и железа (рис. 11.2), содержание меди (рис. 11.3) и цинка (рис.11.4) наибольшее в почвах города Сарапула.

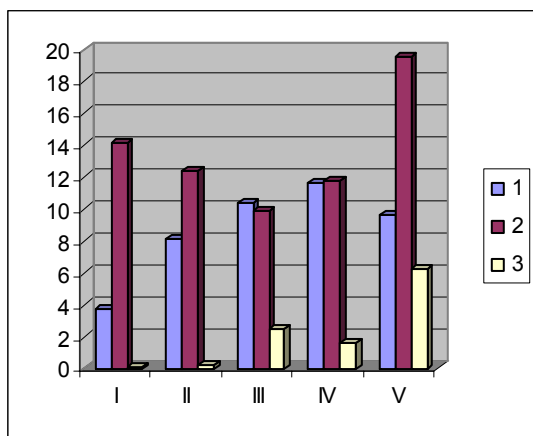
11.1

**Mn, мг/кг почвы**

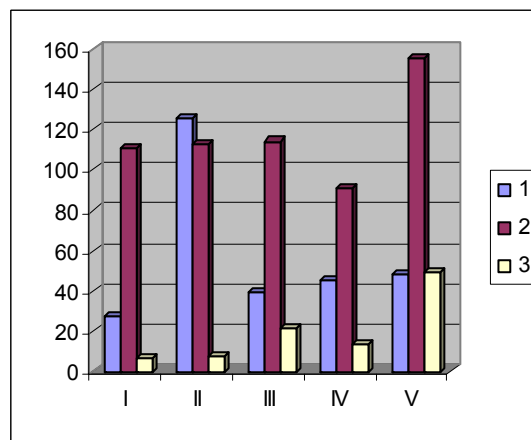
11.2

**Fe, мг/кг почвы**

11.3

**Сu, мг/кг почвы**

11.4

**Zn, мг/кг почвы**

Примечание: I – естественные почвы, II – урбанопочвы, III – урбаноземы, IV – экраноземы, V – урбанотехноземы.

Рис. 11. Содержание ТМ в почвах г. Ижевска (1), г. Сарапула (2)

и г. Камбарки (3).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что содержание ТМ зависит не только от площади территории, численности населения, но и от возраста города и плотности расположения промышленных предприятий на единицу площади. Кроме того, металлы, поступающие в почву, при больших концентрациях могут выпадать в осадок и становиться недоступными, что объясняет факт снижения концентраций подвижных форм цинка и меди в почвах г. Ижевска по сравнению с г. Сарапулом. Большое значение может иметь также естественное содержание металлов в почвах городов, которое может вносить вклад в общее содержание элементов в почвах.

## **ГЛАВА 5. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Mn, Zn, Fe) В ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЯХ Г. САРАПУЛА И Г. КАМБАРКИ.**

Почвенные аномалии часто не могут отразить всей картины загрязнения экосистемы. Ареалы повышенных концентраций ТМ, фиксируемые по растительности, могут отличаться более высокой интенсивностью и выходить за пределы аналогичных ареалов, фиксируемых по почвенному покрову (Борисенко, 1989). Именно поэтому анализ содержания ТМ в растениях - необходимый элемент оценивания загрязненности городской экосистемы.

### **5.1. Пространственный анализ распределения Zn, Cu, Mn и Fe в древесных растениях городов.**

Распределение элементов в растениях, как и в почвах, зависит от многих факторов, важнейшими из которых является расположение растений относительно источников загрязнения.

#### **5.1.1. Пространственный анализ распределения ТМ в растениях города Сарапула.**

Результаты сравнения содержания тяжелых металлов в растительных образцах г. Сарапула показывают неоднозначность в распределении элементов.

Наибольшее содержание меди и цинка наблюдается в растениях, произрастающих в городских скверах в центре города вблизи конечной остановки автобусов, наименьшее – в растениях Ленинского парка. Городские скверы расположены в непосредственной близости к дорожному полотну, где наблюдается высокая интенсивность движения, поэтому повышенное содержание меди и цинка в растениях скверов можно объяснить их поступлением с выхлопными газами автомобилей. Средняя концентрация меди превышает фоновые значения (0,64 мг/кг сухой массы) в 1,7-4,9 раз. 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. Однако содержание меди и цинка в растениях г. Сарапула в соответствии с данными многих авторов является нормальным.

Повышенная концентрация железа наблюдается вблизи железнодорожного полотна в Привокзальном районе (420,29 мг/кг сухой массы), наименьшая концентрация – в городских скверах (163,38 мг/кг сухой массы) в центре города и лесопарках в микрорайоне Дачный (151,7 мг/кг сухой массы). Фоновая концентрация Fe (151,65 мг/кг сухой массы) в растениях превышена в 1,1 - 2,9 раз.

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.

### **5.1.2. Пространственный анализ распределения ТМ в растениях города Камбарки.**

В распределении отдельных элементов в растениях выявлен ряд закономерностей

Максимальное содержание меди 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. Средняя концентрация меди в большинстве проб превышает фоновые значения (2,17 мг/кг сухой массы) в 1,1-1,2 раза.

Содержание цинка, марганца и железа максимально в образцах растений, произрастающих на газонах вдоль улиц Ленина, Первомайская, Советская, К. Маркса. Фоновые значения содержания цинка (24,17 мг/кг сухой массы) превышены в 1,1-4,6 раз. ПДК цинка (300 мг/кг сухой массы) не превышена ни в одном образце. Минимальное содержание Mn отмечается в растениях Заплотинного района (69,67 мг/кг сухой массы). ПДК (300 мг/кг сухой массы) марганца не превышена. Невысокое содержание железа, несмотря на высокое 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). Фоновая концентрация Fe (286 мг/кг сухой массы) превышена в 1,04 - 1,2 раза.

Таким образом, повышенные концентрации элементов в растениях г.Камбарки приурочены к центральной, наиболее старой и освоенной части города, где располагаются основные промышленные предприятия

## 5.2. Видовая специфика распределения ТМ в древесных породах.

### 5.2.1. Видовая специфика распределения ТМ в древесных породах

#### г. Сарапула.

Большое значение в поглощении ТМ имеет видовая принадлежность растений. Анализ 6 видов древесных пород выявил отличия в содержании данных элементов в них (рис.12).

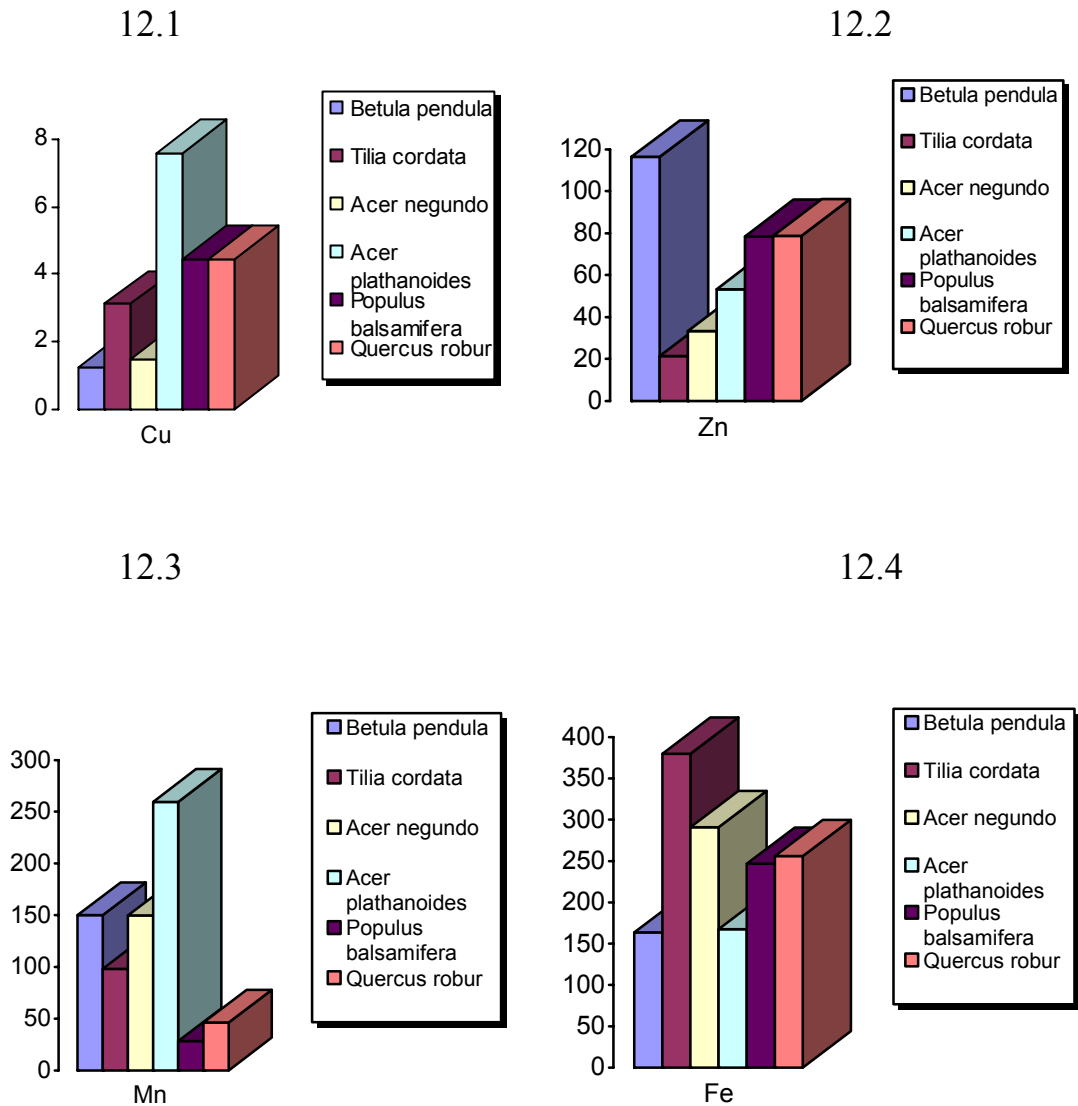


Рис.12. Видовые особенности распределения Zn , Cu, Mn и Fe в растениях (мг/кг сухой массы)

Максимальное содержание меди наблюдается в *Acer platanoides*, высокое содержание отмечается также в *Populus balsamifera* и *Quercus robur*

(рис. 12.1). Наибольшее содержание цинка имеют образцы *Betula pendula*, наименьшее - *Tilia cordata* (рис. 12.2). Для *Acer platanoides* характерно повышенное, по сравнению с другими породами, содержание марганца (рис. 12.3), для *Tilia cordata* – железа (рис. 12.4). 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 platanoides* и *Acer negundo*.

Одним из универсальных показателей нарушенности среды для растений является соотношение содержания Fe и Mn. В фоновых условиях его значения для большинства видов близки и составляют 0,05-0,2. В городских условиях это соотношение нарушено в десятки и сотни раз выше фонового. В условиях г. Сарапула данное соотношение колеблется в пределах 1,6-5,2, что соответствует удовлетворительному состоянию для всех пород.

Поглощение металла растениями во многом зависит от содержания других элементов в нем. Антагонистами цинка в растении является медь, о чем свидетельствуют отрицательные коэффициенты корреляции между данными элементами в растениях всех видов ( $r = -0,12$  -  $-0,37$ ) и марганец ( $r = -0,12$  -  $-0,18$ ). Взаимно влиять на содержание в растении могут медь и марганец ( $r = -0,12$  -  $-0,56$ ), медь и железо ( $r = -0,21$  -  $-0,39$ ).

Сравнение видовой специфики коэффициентов биологического поглощения ТМ растениями г. Сарапула позволяет сделать вывод о наибольшей способности *Betula pendula* к поглощению из почвы цинка, *Acer platanoides* - меди, *Quercus robur* - марганца, *Tilia cordata* – железа (табл.9).



**Коэффициенты биологического поглощения древесными породами****г. Сарапула.**

<b>растения</b>	<b>Кбп (Zn)</b>	<b>Кбп (Cu)</b>	<b>Кбп (Mn)</b>	<b>Кбп (Fe)</b>
Betula pendula	1,65	0,1	0,48	0,098
Tilia cordata	0,24	0,17	0,29	0,14
Acer negundo	0,67	0,13	0,39	0,11
Populus balsamifera	0,75	0,19	0,11	0,09
Quercus robur	0,51	0,23	1,14	0,08
Acer platanoides	0,51	0,33	1,03	0,06

Таким образом, каждый вид растений обладает специфичностью к поглощению ТМ из почвы и поглощают их с разной степенью интенсивности. Каждый вид растений обладает разной степенью толерантности к повышенному содержанию ТМ, что зависит от биологии, физиологии и биохимии данного вида.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о зависимости поглощения металлов от видовой принадлежности растения, специфичности элемента и от наличия металлов-антагонистов в растении.

## 5.2.2. Видовая специфика распределения ТМ в древесных породах

### г. Камбарки.

Результаты исследований показали, что для различных пород растений г. Камбарки характерна высокая вариабельность содержания элементов, что свидетельствует о наличии техногенного воздействия (Рылова, 2003)

Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов 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* (табл.10).

Таблица 10.

### Среднее содержание ТМ в лиственных и хвойных породах

#### г. Камбарки, мг/кг сухой массы

	Медь	Цинк	Марганец	Железо
<i>Betula pendula</i>	2,33	96	194	401
<i>Tilia cordata</i>	2,43	21	75	433
<i>Acer negundo</i>	1,93	32	80	437
<i>Pinus sylvestris</i>	6,20	19	175	560
<i>Picea excelsa</i>	3,91	71	161	383

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.

Для г. Камбарки среднее соотношение по различным породам колеблется от 1,49 до 5,77, что соответствует для всех пород удовлетворительному состоянию.

Таким образом, среднее содержание ТМ для совокупности древесных пород г. Камбарки повышено по сравнению с местным фоном. Выявлены значительные видовые особенности в накоплении элементов. Наиболее высокие концентрации ТМ отмечены для *Betula pendula* по цинку и марганцу, для *Pinus sylvestris* - по железу и меди. *Tilia cordata* стоит отметить как наименее накапливающую ТМ древесную породу.

Для определения способности растений к поглощению ТМ из почвы были определены коэффициенты биологического поглощения для каждого вида (табл. 11).

Таблица 11.

**Коэффициенты биологического поглощения ТМ древесными растениями г. Камбарки.**

<b>растения</b>	<b>Кбп (Zn)</b>	<b>Кбп (Cu)</b>	<b>Кбп (Mn)</b>	<b>Кбп (Fe)</b>
<i>Betula pendula</i>	3,52	1,08	0,80	0,23
<i>Tilia cordata</i>	0,70	1,16	0,29	0,39
<i>Acer negundo</i>	1,66	0,87	0,31	0,19
<i>Pinus sylvestris</i>	2,80	3,31	0,59	0,36
<i>Picea excelsa</i>	6,06	2,09	0,54	0,22

Наибольшей способностью к поглощению цинка из почвы имеет *Picea excelsa*, меди - *Pinus sylvestris*, марганца - *Betula pendula*, железа - *Tilia cordata*. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что каждая порода поглощает конкретный элемент с разной интенсивностью.

Поглощение металла растениями во многом зависит от содержания других элементов в нем. Так, цинк и медь снижают доступность растениям железа и марганца, о чем свидетельствуют отрицательные корреляции между данными элементами в некоторых видах растений (*Pinus sylvestris*:  $r(\text{Zn}/\text{Fe}) = -0,43$ , *Picea excelsa*:  $r(\text{Zn}/\text{Fe}) = -0,70$ , *Tilia cordata*:  $r(\text{Zn}/\text{Fe}) = -0,20$ , *Picea excelsa*:  $r(\text{Cu}/\text{Fe}) = -0,33$ , *Pinus sylvestris*:  $r(\text{Cu}/\text{Fe}) = -0,31$ , *Acer negundo*  $r(\text{Zn}/\text{Mn}) = -0,37$ ,  $r(\text{Cu}/\text{Mn}) = -0,43$ ).

Таким образом, поглощение подвижных форм элементов зависит от ряда причин: от видовой принадлежности растения, от биодоступности самого элемента, а также от содержания других элементов в растении.

### **5.3. Фолиарное поступление ТМ в древесные растения гг. Сарапула и Камбарки.**

В последнее время большое значение в связи с высокой степенью загрязнения атмосферы приобретает поступление ТМ в составе газообразных выделений и дымов, а также в виде техногенной пыли в растения через листовую поверхность (фолиарное) (Лукашев, Петухова, 1968; Ильин, 1982; Линник, Набиванец, 1986; Сысуев, 1986; Лукина, Никонов, 1993; Учватов, Золотарева, 1996; Копчик, Копчик, Олмид, 1999; Ткаченко, 2000). Существует 3 основные фазы поступления токсических элементов в клетку: сорбция кутикулярным слоем и клетками эпидермиса – диффузия через устьичные щели внутрь листа и растворение в воде, насыщающей оболочки листа, - передвижение от места поглощения к соединительным тканям и накопление внутри клеток (Илькун, 1978).

Для определения аэрогенного поступления ТМ в листья растений был проведен анализ запыленных и чистых листьев различных древесных пород г. Сарапула и г. Камбарки.

### 5.3.1. Фолиарное поступление ТМ в древесные растения г. Сарапула

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. 12).

Таблица 12

**Среднее содержание элементов в чистых и запыленных образцах листьев древесных пород, мг/кг сухой массы, и показатель отношения С чист./С запыл.**

	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>
Чистые образцы листьев	7,0	61,2	98,1	222,4
Запыленные образцы	7,1	63,2	181,6	411,1
С чист./С запыл.	0,98	0,97	0,54	0,54

Сравнивая средние показатели отношения С чист./С запыл. для листовой поверхности лиственных пород, видно, что лучше всего поглощается медь (0,98) и цинк (0,97), что согласуется с данными многих исследователей (Kabata- Pendias, 1969, Little, Martin, 1972, Roberts, 1975). Показатели С чист./С запыл. для железа и цинка одинаковы: 0,54, что свидетельствует о невысокой способности листьев поглощать данные элементы из воздуха.

Коэффициент аэрогенного поглощения меди и цинка листьями растений больше 97%.

В поступлении элементов большое значение имеет видовая принадлежность растений, что согласуется с данными Г.Д. Ярославцева (1954) и М.Ф. Ефимовым (1959).

*Acer platanoides* имеет наибольшие показатели отношения  $S_{\text{чист.}}/S_{\text{запыл.}}$  для марганца, *Populus balsamifera* - для меди и цинка, *Betula pendula* – для железа.

Низкую способность поглощения марганца имеет листовая поверхность *Tilia cordata* (0,03) и *Qerqus robur* (0,13), железа - *Acer negundo* (0,29) (табл. 13)

Таблица 13

**Показатель отношения  $S_{\text{чист.}}/S_{\text{запыл.}}$  для листовых пластинок древесных пород г. Сарапула.**

	<b>Медь</b>	<b>Цинк</b>	<b>Марганец</b>	<b>Железо</b>	<b>Среднее значение</b>
<i>Qerqus robur</i>	0,85	0,94	0,16	0,89	0,85
<i>Acer platanoides</i>	0,89	0,96	0,92	0,59	0,84
<i>Betula pendula</i>	0,97	0,95	0,56	0,77	0,81
<i>Tilia cordata</i>	0,98	0,96	0,03	0,5	0,61
<i>Acer negundo</i>	0,97	0,97	0,62	0,29	0,71
<i>Populus balsamifera</i>	0,997	0,996	0,61	0,96	0,89

На основании сравнения средних значений отношения тяжелых металлов различными породами можно сделать вывод, что наибольшей способностью к поглощению элементов из воздуха, а следовательно, к очищению атмосферы от тяжелых металлов, обладает *Populus balsamifera*, далее в порядке уменьшения  $S_{\text{чист.}}/S_{\text{запыл.}}$  следуют *Qerqus robur*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Acer negundo* и *Tilia cordata*.

Полученные данные свидетельствуют о зависимости фоллиарного поглощения ТМ от биодоступности элементов, поступающих из воздушных источников через листья, а также от видовой принадлежности растений.

### 5.3.2. Фолиарное поступление ТМ в древесные растения г. Камбарки.

Древесные растения г. Камбарки, как и Сарапула, поглощают ТМ с разной интенсивностью, о чем можно судить по значению  $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$  для листовой поверхности (табл.14).

Таблица 14

#### Среднее содержание элементов в чистых и запыленных образцах листьев древесных пород, мг/кг сухой массы.

	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>
Чистые образцы листьев	6,53	34,05	44,41	425,62
Запыленные образцы	6,94	41,52	61,68	665,03
$C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$	0,94	0,82	0,72	0,64

Самый высокий показатель  $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$  имеет медь (0,98) и цинк (0,82), что подтверждает литературные данные о высокой способности данных элементов к проникновению в растения через листовую поверхность. Значения  $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$  для железа и марганца равны соответственно 0,72 и 0,64, что свидетельствует о невысокой способности листьев поглощать данные элементы из воздуха.

В поступлении элементов большое значение имеет видовая принадлежность растений.

*Pinus sylvestris* имеет наибольшие значения  $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$  для всех элементов. Высокой способностью поглощать элементы листьями имеет *Picea excelsa*. Данный факт объясняется большой площадью листовой поверхности и подтверждается данными Г.Д. Ярославцева (1954) и М.Ф. Ефимова (1959), согласно которым сосна обыкновенная обладает наивысшей степенью пылезадерживающей способности. Небольшой способностью к фолиарному поглощению цинка обладает *Acer negundo* (0,73), меди - *Betula pendula* (0,91).

Минимальный показатель С чист./С запыл. для марганца имеет листовая поверхность *Tilia cordata* (0,62), для железа - *Acer negundo* (0,33) (табл.15)

Таблица 15

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

	<b>Медь</b>	<b>Цинк</b>	<b>Марганец</b>	<b>Железо</b>	<b>Среднее значение</b>
<i>Betula pendula</i>	0,91	0,76	0,74	0,72	0,78
<i>Tilia cordata</i>	0,95	0,76	0,62	0,7	0,76
<i>Acer negundo</i>	0,92	0,73	0,72	0,33	0,68
<i>Pinus sylvestris</i>	0,96	0,94	0,77	0,74	0,85
<i>Picea excelsa</i>	0,96	0,93	0,75	0,73	0,84

На основании сравнения средних значений С чист./С запыл. для тяжелых металлов различных пород можно сделать вывод, что наибольшей способностью к поглощению элементов из воздуха обладает *Pinus sylvestris*, далее в порядке уменьшения Кпл следуют *Picea excelsa*, *Betula pendula*, *Tilia cordata* и *Acer negundo*.

Полученные данные свидетельствуют о зависимости фолиарного поглощения ТМ как от свойств самого металла, так и от видовой принадлежности растений.

#### **5.4. Сезонная динамика содержания ТМ в древесных породах г. Сарепула.**

Для определения сезонной динамики содержания ТМ в древесных породах г. Сарепула нами были отобраны образцы *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Populus balsamifera*, *Acer platanoides*, *Quercus robur*, *Acer negundo* в течение вегетационного периода по месяцам (май, июнь, июль, август, сентябрь).



Результаты анализа показали различия в сезонном распределении исследуемых элементов в древесных породах (рис. 13).

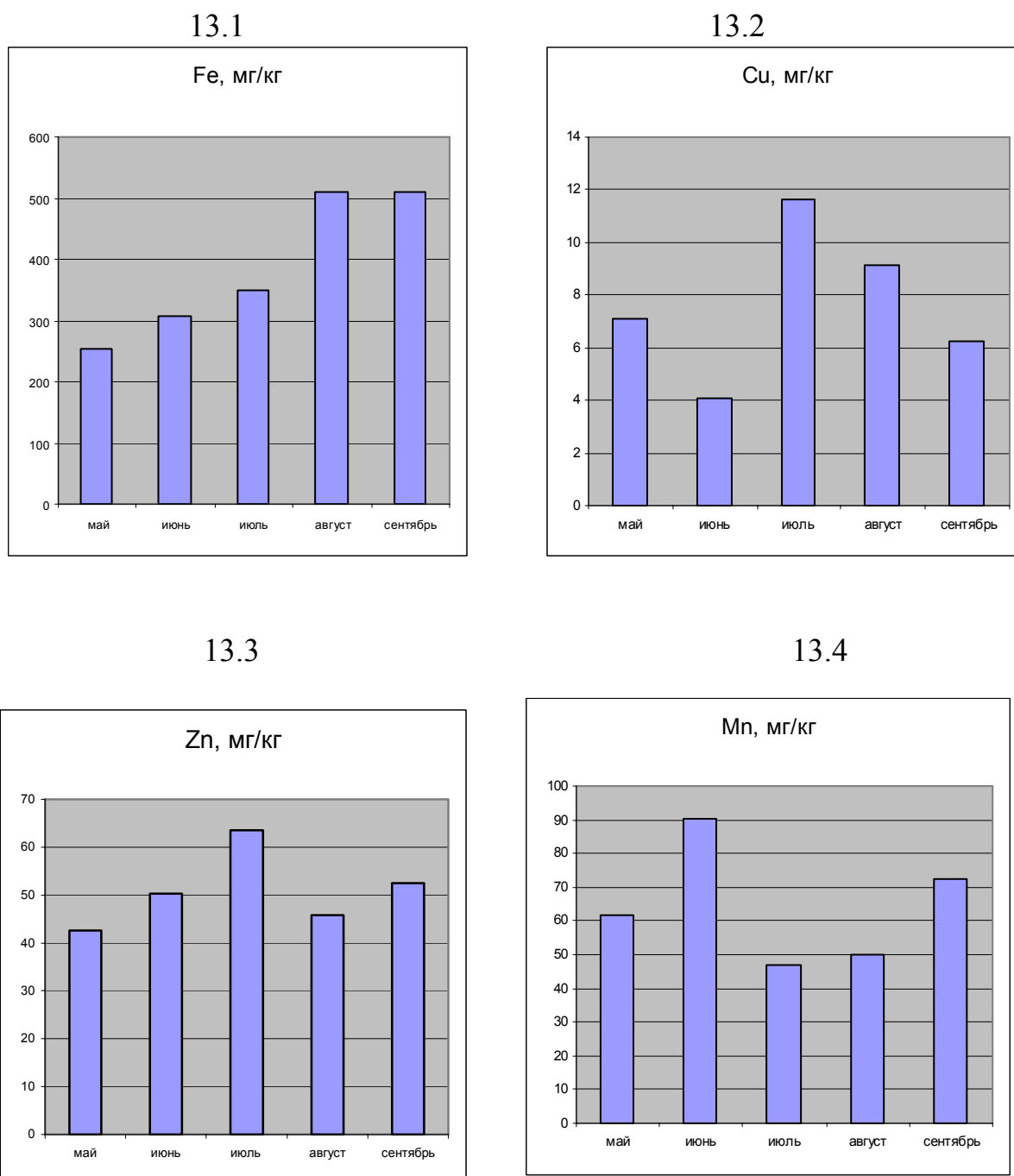


Рис. 13. Сезонное распределение цинка, меди, железа и марганца.

Содержание железа закономерно увеличивается с мая по сентябрь (рис. 13.1). Максимальное содержание меди и цинка наблюдается в июле (рис. 13.2, 13.3). Возможно, это связано с повышенным аэральным поглощением данных элементов листьями древесных пород, так как июль 2005 года был самым засушливым из всех месяцев. В связи с этим пыль, содержащая данные ТМ не смывалась осадками, а поглощалась листовой поверхностью. Наибольшее накопление марганца наблюдается в июне (рис. 13.4).

Сезонное распределение ТМ зависит как от породы, так и от свойств 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 (*Tilia cordata*, *Acer platanoides* – июнь, *Populus balsamifera*, *Acer negundo* – июль, *Betula pendula*, *Quercus robur* – август). 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 (табл. 16).

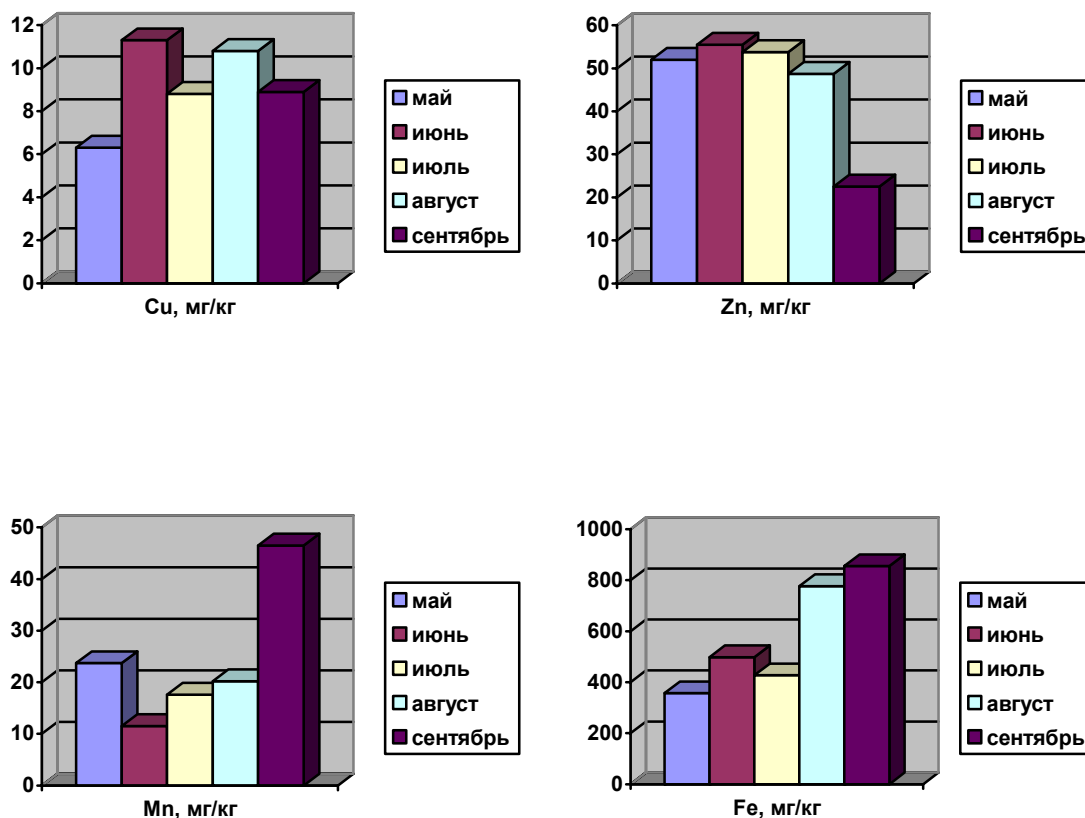
Таблица 16

**Максимальное содержание ТМ в древесных породах г. Сарапула (сезонная динамика)**

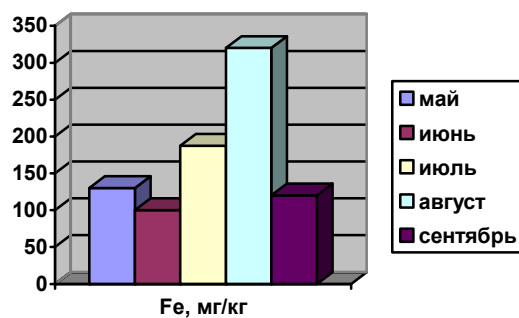
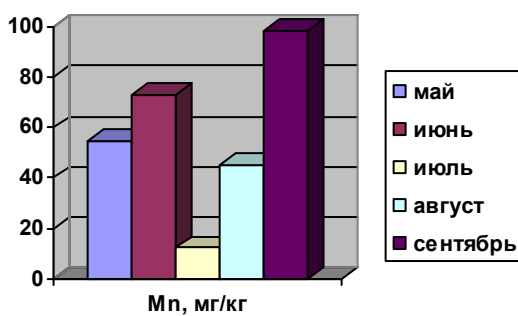
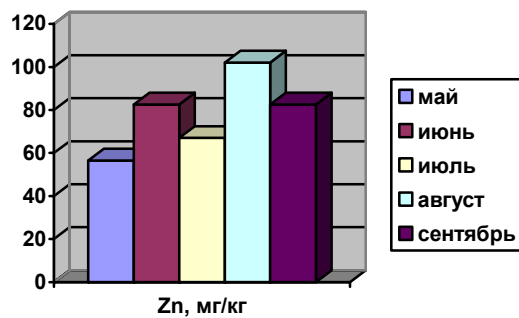
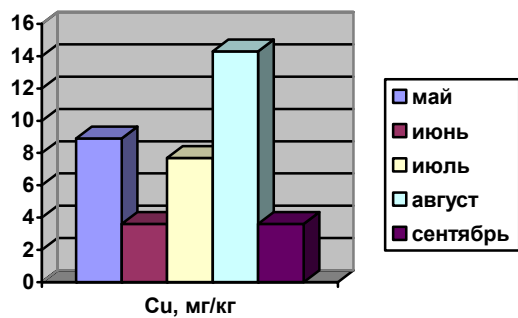
	<b>Сu, мг/кг сухой мас- сы</b>	<b>Mn, мг/кг сухой мас- сы</b>	<b>Zn, мг/кг сухой мас- сы</b>	<b>Fe, мг/кг сухой мас- сы</b>
<i>Betula pendula</i>	август	сентябрь	август	август
<i>Tilia cordata</i>	август	сентябрь	июнь	сентябрь
<i>Populus balsamifera</i>	июль	август	июль	май
<i>Acer platanoides</i>	май	август	июнь	июнь
<i>Quercus robur</i>	июль	июнь	август	июль
<i>Acer negundo</i>	май	июль	июль	август

При анализе динамики распределения ТМ по породам можно видеть, что она различна (рис.14). Четкую тенденцию к увеличению содержания железа можно проследить для *Tilia cordata*, для *Populus balsamifera* характерна противоположная тенденция: снижение содержания железа с мая по сентябрь. Колебания содержания цинка для всех пород как в большую, так и в меньшую сторону, незначительны в течение всего вегетационного периода. Закономерности в динамике распределения меди и марганца в древесных породах г. Сарапула по месяцам не выявлено.

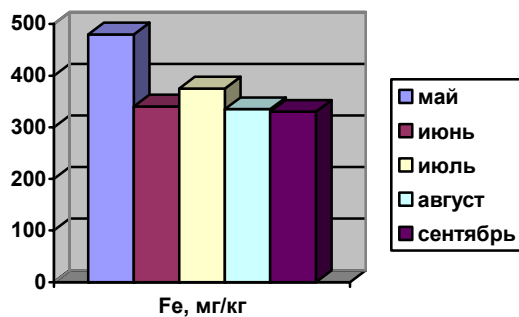
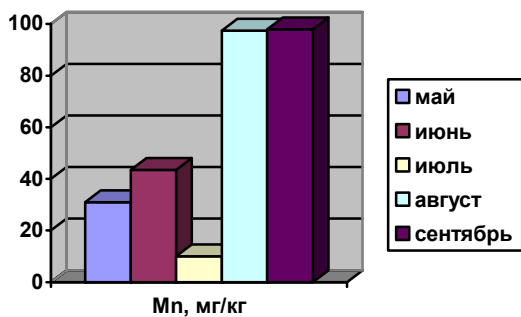
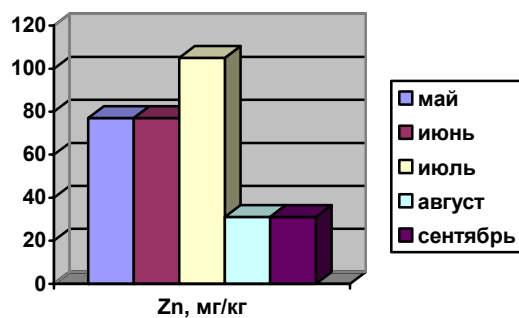
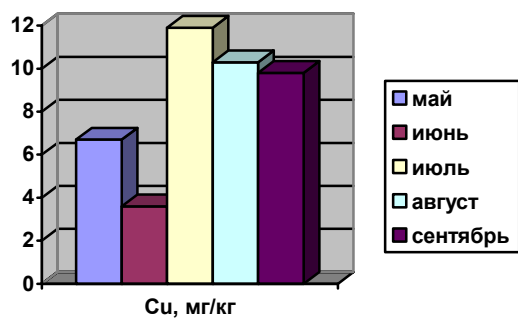
### 14.1. *Tilia cordata*



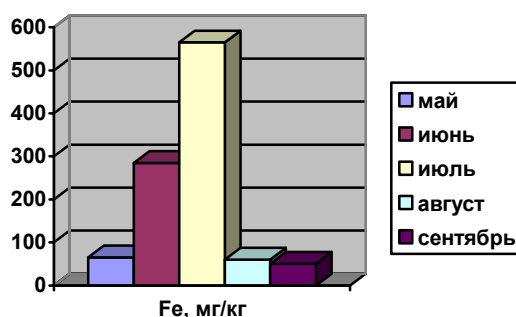
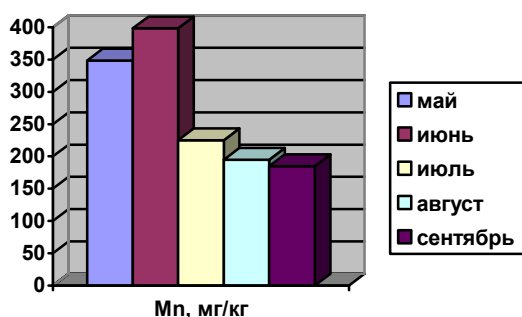
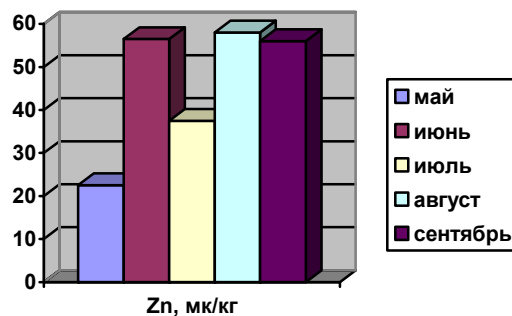
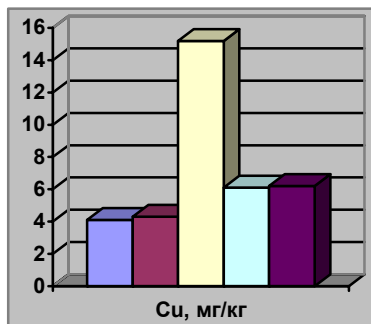
### 14.2. *Betula pendula*



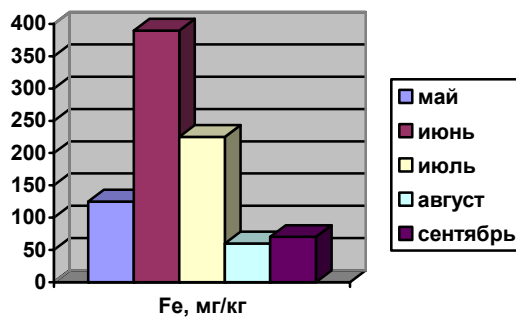
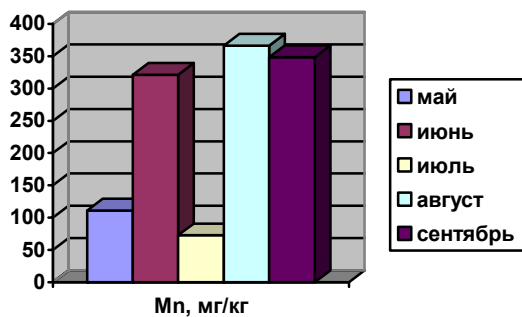
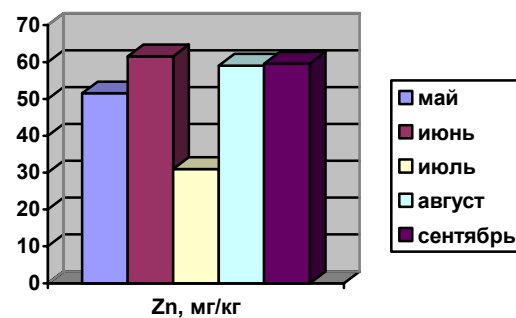
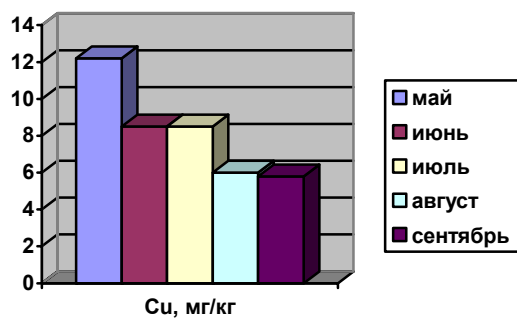
### 14.3. *Populus balsamifera*



#### 14.4. Quercus robur



#### 14.5. Acer platanoides



### 14.6. *Acer negundo*

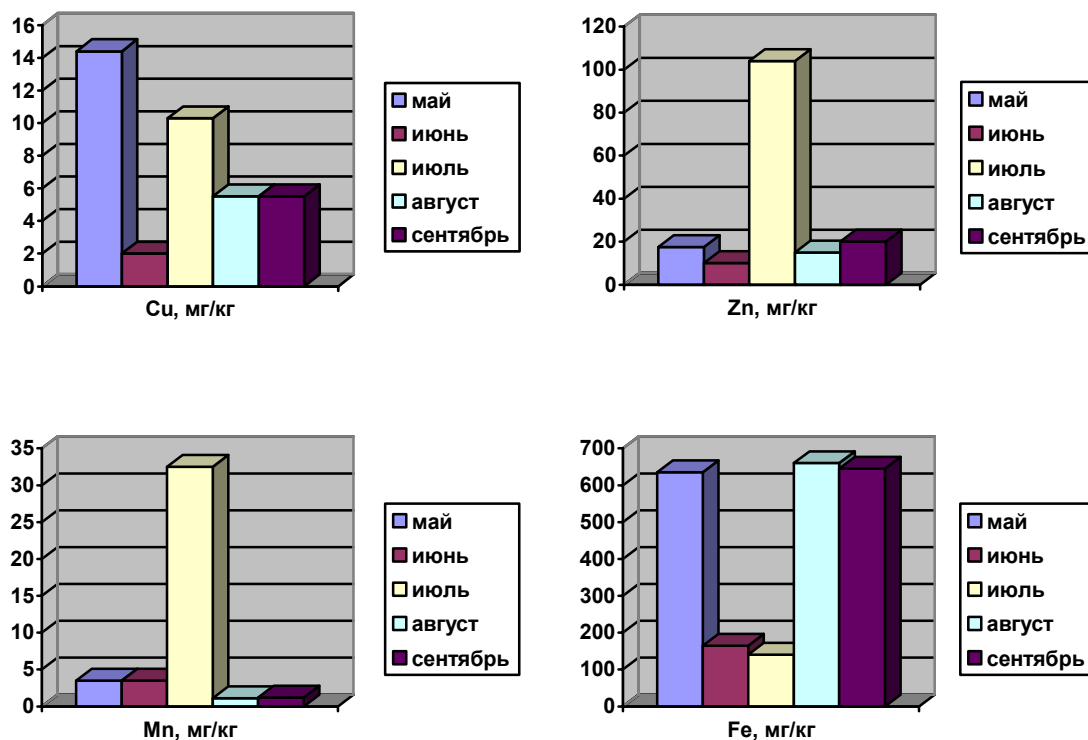


Рис.14. Динамика содержания ТМ в древесных породах г.Сарапула.

При сравнении динамики распределения подвижных форм элементов в образцах древесных пород 2 видов рода *Acer* видно, что она существенно отличается для всех элементов.

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что сезонная динамика распределения подвижных форм меди, цинка, железа и марганца в большой степени зависит от видовой принадлежности растений. Даже в пределах одного рода имеются существенные различия в сезонном распределении ТМ.

### 5.5. Сравнительный анализ содержания ТМ в древесных породах г. Сарапула и г. Камбарки.

Сравнение распределения ТМ в 3 видах растений г. Сарапула и г. Камбарки выявило наличие ряда закономерностей (табл.17).

Таблица 17

#### Видовая специфичность содержания ТМ в древесных растениях г. Сарапула (1) и г. Камбарки (2).

	Zn, мг/кг сухой массы		Cu, мг/кг сухой массы	
	1	2	1	2
I	116,32	95,52	2,33	1,25
II	21,37	20,6	2,43	3,11
III	33,28	31,88	1,93	1,5
	Mn, мг/кг сухой массы		Fe, мг/кг сухой массы	
	1	2	1	2
I	194,03	149,9	163,7	400,65
II	75,03	98,24	379,9	432,75
III	80,29	149,81	290,83	437,32

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

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 коэффициентов биологического поглощения ТМ растениями г. Сарапула (1) и Камбарки (2).**

растения	Кбп (Zn)		Кбп (Cu)		Кбп (Mn)		Кбп (Fe)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Betula pendula</i>	1,65	3,52	0,1	1,08	0,48	0,80	0,098	0,23
<i>Tilia cordata</i>	0,24	0,70	0,17	1,16	0,29	0,29	0,14	0,39
<i>Acer negundo</i>	0,67	1,66	0,13	0,87	0,39	0,31	0,11	0,19

Анализ сравнения коэффициентов биологического поглощения ТМ растениями гг. Сарапула и Камбарки (табл. 18) показал, что растения г. Камбарки обладают лучшей способностью к поглощению ТМ из почвы, что связано, вероятно, с лучшими морфологическими свойствами почв (меньшая уплотненность, лучшая аэрация, влажность) из-за менее интенсивной антропогенной нагрузки по сравнению с почвами г. Сарапула, а также с меньшим значением рН, вследствие чего ТМ переходят в растворимые формы и становятся доступными для растений в условиях города Камбарки.

Сравнение содержания ТМ в древесных растениях городов Камбарки, Сарапула и Ижевска показывает увеличение концентраций элементов в растениях в ряду Камбарка-Сарапул-Ижевск (табл. 19). Исключение составляет концентрация железа, наибольшее значение которой наблюдается в *Tilia cordata* и *Acer negundo* в г. Камбарке. Данный факт объяснялся ранее.



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

	<b>Zn, мг/кг сухой массы</b>			<b>Cu, мг/кг сухой массы</b>		
	1	2	3	1	2	3
I	95,52	116,32	170	1,25	2,33	9,2
II	20,6	21,37	108	3,11	2,43	12
III	31,88	33,28	56	1,5	1,93	8,3
	<b>Mn, мг/кг сухой массы</b>			<b>Fe, мг/кг сухой массы</b>		
	1	2	3	1	2	3
I	149,9	194,03	198	400,65	163,7	621
II	98,24	75,03	199	432,75	379,9	338
III	149,81	80,29	51	437,32	290,83	414

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.

## 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 (рН), содержания органического вещества (С орг.) и элементов питания

Большое влияние на доступность металлов растениям 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 растениями (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 (рН) 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 зависит в большой степени не только от поступления их из почвы, но и от фоллиарного поступления из атмосферы.

Таблица 20

**Среднее содержание элементов в чистых и запыленных образцах листьев древесных пород г. Сарапула (1) и г. Камбарки (2) мг/кг сухой массы.**

	Cu		Zn		Mn		Fe	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Чистые образцы листьев	7,0	6,53	61,2	34,05	98,1	44,41	222,4	425,62
Запыленные образцы	7,1	6,94	63,2	41,52	181,6	61,68	411,1	665,03
С чист./С запыл.	0,98	0,94	0,97	0,82	0,54	0,72	0,54	0,64

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 (табл.20). 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 образцах выше для растений г. Камбарки, что можно объяснить

комплексным воздействием 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  $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$ , 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 (табл.21,22).

Таблица 21

### Коэффициенты биологического поглощения (1) и отношение $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$ (2) для древесных пород г. Сарапула.

растения	Zn		Cu		Mn		Fe	
	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Betula pendula</i>	1,65	0,94	0,1	0,85	0,48	0,16	0,10	0,89
<i>Tilia cordata</i>	0,24	0,96	0,17	0,89	0,29	0,92	0,14	0,59
<i>Acer negundo</i>	0,67	0,95	0,13	0,97	0,39	0,56	0,11	0,77
<i>Populus balsamifera</i>	0,75	0,96	0,19	0,98	0,11	0,03	0,09	0,5
<i>Quercus robur</i>	0,51	0,97	0,23	0,97	1,14	0,62	0,08	0,29
<i>Acer platanoides</i>	0,51	0,996	0,33	0,997	1,03	0,61	0,06	0,96

Таблица 22

### Коэффициенты биологического поглощения (1) и отношение $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$ (2) для древесных пород г.Камбарки.

растения	Zn		Cu		Mn		Fe	
	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Betula pendula</i>	3,52	0,76	1,08	0,91	0,80	0,74	0,23	0,72
<i>Tilia cordata</i>	0,70	0,76	1,16	0,95	0,29	0,62	0,39	0,70
<i>Acer negundo</i>	1,66	0,73	0,87	0,92	0,31	0,72	0,19	0,33
<i>Pinus sylvestris</i>	2,80	0,94	3,31	0,96	0,59	0,77	0,36	0,74
<i>Picea excelsa</i>	6,06	0,93	2,09	0,96	0,54	0,75	0,22	0,73

Сравнивая способность растений к корневому поглощению элементов из почвы и к фолиарному поступлению, можно увидеть, 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  $C_{\text{чист.}}/C_{\text{запыл.}}$  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 12%) 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 platanoides*, высокое содержание отмечается также в *Populus balsamifera* и *Quercus robur*. Наибольшее содержание цинка имеют образцы *Betula pendula*, наименьшее - *Tilia cordata*. Для *Acer platanoides* 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 platanoides* 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 фолитарное 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 excelsa*. Фолитарное 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, повышенным 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 разнородные насаждения вдоль объектов, представляющих опас-



ность техногенных выбросов ТМ, поскольку поглощение ТМ видо- и элементоспецифично. Растения улавливают часть загрязнения, локализуя его в узкой полосе, и полоса насаждений рассеивает 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, Путьейской 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.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.**

1. Авессаломова И.А. Анализ природной ландшафтно-геохимической ситуации при изучении городов/ И.А. Авессаломова // Эколого-геохимическая оценка городов различных регионов страны. М.: ИМГРЭ, 1991. С.4-11.
2. Адрихин П.Г. Фосфор в почвах и земледелии центрально-черноземной полосы. Воронеж, 1970 – 220 с.
3. Агаркова М. Г., Целищева Л. К., Строганова М. Н.. Морфолого-генетические особенности городских почв и их систематика. // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение, № 2, 1991. С. 11-16.
4. Александрова А.Б. Состояние почв г. Казани / А.Б. Александрова // Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия. Мат-лы межд. конф. 24-28 сент. 2001г, Ставрополь: Ставропольская сельскохозяйственная акад., 2001. С. 8-9.
5. Александровская Е.И. История трансформации почв Москвы/ Е.И. Александровская, А.Л. Александровский, И.А. Бойцов, Н.А. Кренке // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тез. докл. Всерос. конф., Москва, 16-18 июня 1998г, т.1. М., 1998. С. 77-78.
6. Александровский А.Л. Почвы и культурный слой Москвы: строение, история развития / А.Л. Александровский // Проблемы антропогенного почвообразования. Тез. докл. межд. конф. 16-21 июня 1997г., т.2, 1997. С. 196-199.
7. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия / В.А. Алексеенко. М.: Логос, 2000. 627 с.
8. Алексеев Ю.В. Качество растениеводческой продукции – Л.: «Колос». Ленинградское отделение. 255с.
9. Бадман А.Л. Медь и ее соединения / А.Л. Бадман, В.Я. Русин // Вредные химические вещества. Неорганические соединения 1-4 гр.: Справ. Изд. / Под ред. В.А. Филова. Л.: Химия, 1988. 512 с.

10. Байдина Н.Л. Содержание элементов биофилов в черноземах и дерново-подзолистых почвах Приобъя./ Н.Л. Байдина // Изв. СО АН СССР. Сер. Биол. науки. 1985. № 1813. С. 26-31.
11. Байковский В.В. Тяжелые металлы в городских системах Западной Сибири./ В.В. Байковский, А.П. Бояркина, Н.В. Васильев, Е.В. Иванова, Л.А. Изерская и др. // Эколого-геохимическая оценка городов различных регионов страны. М.: ИМГРЭ, 1991. С.12-15.
12. Баканина Ф.М. Техногенные изменения почвенного покрова городских территорий./ Ф.М. Баканина // Антропогенные изменения и охрана природной среды. Новгород: ЭГПИ им. М. Горького, 1990. С. 61-65.
13. Балашова С.П. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий./ С.П. Балашова, А.Е. Самонов, В.М. Еремин, Э.А. Молоствовский, В.А. Кононов и др. // Экология и промышленность России. 2001. № 3. С. 40-43.
14. Беляк В.Б., Криушин Н.В., Саяшин П.Л. Влияние сортовых особенностей растений на накопление ими тяжелых металлов из почвы // Матер. Первой Международ. науч. конф. «Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия» (24-28сент. 2001 г, Ставрополь). Ставрополь, 2001 г, с.242-243.
15. Беспмятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник. Л.: Химия, 1985 – 528с.
16. Билалов Ф.С. Оценка уровня содержания тяжелых металлов в важнейших компонентах экосистемы г. Казани и сопредельных территорий для целей мониторинга/ Ф.С. Билалов, А.В. Александров, Ю.С. Котов, И.И. Костюкевич // Эколого-токсикологическая оценка урбанизированных и сопредельных территорий. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. С. 41-51.
17. Блэк К.А. Растение и почва. Под ред. Т.А. Работнова. М., «Колос», 1973. 503с.
18. Большаков В.А. Цинк/ В.А. Большаков // Микроэлементы в почвах Советского Союза. Вып. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. С. 223-231.

19. Большаков В.А. Нормирование загрязняющих веществ в почве/ В.А. Большаков, Т.И. Борисочкина, Н.М. Краснова // Химизация сельского хозяйства. М., 1991. № 1. С. 10-14.
20. Большаков В.А. Аэротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: Источники, масштабы, рекультивация/ В.А. Большаков, Н.М. Краснова, Т.И. Борисочкина, С.С. Сорокин, В.Г. Граковский. М.: Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева, 1993. 92 с.
21. Бонсал Р.Л. Содержание цинка в почвах и транслокация его в растения при высоких концентрациях элемента/ Р.Л. Бонсал, Е.В. Каплунова, Н.Г. Зырин // Почвоведение. 1982. № 10. С. 36-41.
22. Борисенко И.Л. Техногенное загрязнение различных ярусов ландшафта в зоне влияния предприятий цветной металлургии.// Биохимические методы изучения окружающей среды: ИМГР, 1989. с. 4-10.
23. Брукс Р.Р. Загрязнение микроэлементами // Химия окружающей среды: пер. с англ. – М.: Химия, 1982. – с.371-413.
24. Бясов К.Х., Зонгелиди В.В., Кертанова Л.С. Загрязнение почв тяжелыми металлами // Матер. Первой Междунар. науч. конф. «Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия»(24-28сент. 2001 г, г. Ставрополь). Ставрополь, 2001 г, с 244-245.
25. Важенин И.Г. Унификация методики взятия почвенных образцов в зоне воздействия техногенных выбросов через атмосферу/ И.Г. Важенин, Е.И. Лучина // Химия в сельском хозяйстве. 1982. Т20. № 4. С. 41-43.
26. Вальков В.Ф. и др. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема. // Почвоведение. №6, с. 50-55.
27. Вараксин И. И., Ковриго В. П.. Почвы// Природа Удмуртии. – Ижевск : Удмуртия, 1972 – с. 126-145.
28. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой// Микроэлементы в жизни растений и животных – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – с. 7-20.

29. Водяницкий Ю.Н. Техногеохимическая аномалия в зоне Череповецкого металлургического комбината/ Ю.Н. Водяницкий, С.А. Большаков, С.Е. Сорокин, Н.М. Фатеева // Почвоведение. 1995. № 4. С. 498-507.
30. Воеводова З.И. Загрязнение воздуха в Большеземельской тундре под влиянием геолого-разведочных работ/ З.И. Воеводова // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Л.: Гидрометеиздат, 1989. С.150-155.
31. Воздействие выбросов автотранспорта на природную среду./А.И. Латв. ССР. Ин-т биологии – Рига: Знание, 1989. – 137с.
32. Войнар А.О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высшая школа, 1953 – 542с.
33. Воробьева И.Б. Техногенные загрязнения снега и почв/ И.Б. Воробьева, И.С. Ломоносов, А.В. Гапон, А.Б. Арсентьева // Геохимическая характеристика городов Сибири. Иркутск, Инст. Геогр. СО АН СССР, 1990. С. 15-27.
34. Вредные химические вещества. Неорганические соединения 5-8 гр.: Справ. изд. /Под ред. В.А. Филова. Л.: Химия, 1989. 592 с.
35. Геблоева А.Х., Абаев А.А., Казаченко И.Г. Содержание ТМ (Cd, Pb и Zn) // Матер. Первой Междунар. науч. конф. «Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия»(24-28сент. 2001 г, г. Ставрополь). Ставрополь, 2001 г, с 263-264.
36. Гармаш Г.А. Распределение тяжелых металлов в почве в зоне воздействия металлургических предприятий/ Г.А. Гармаш // Почвоведение. 1986. № 2. С. 27-32.
37. Геннадиев А.Н. Заграничное почвоведение: приоритеты и тенденции развития/ А.Н. Геннадиев, В.О. Таргульян // Почвоведение. 1992. № 11. С.16-24.
38. Геннадиев А. Н., Солнцева Н. П., Герасимова М. И. О принципах группировки и номенклатуры техногенно измененных почв // Почвоведение. 1992. № 2. с. 49-60.
39. Геннадиев А.Н. Почвообразование, эрозия и загрязнение почв на территории древнего поселения "Кахокиа" в долине р. Миссисипи (США)/ А.Н. Геннадиев,

- К.Р. Олсон, С.С. Чернянский, Р.Л. Джонс // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2001. № 3. С. 33-38.
40. Геология и нефтеносность Удмуртской АССР / Под ред. В.Л. Шаронова. Ижевск, 1976. 58 с.
41. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саг, Б.А. Ревич, Е. П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
42. Гиниятуллин Р.Х. Содержание металлов у лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения // Экология. 1999. №1, с. 26-29.
43. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М.А. Глазовская М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
44. Глазовская М.А. Почвенно- геохимическое картографирование для оценки экологической устойчивости среды/ М.А. Глазовская // Почвоведение. 1992. № 6. С. 5-13.
45. Глазовская М.А. Принципы классификации почв по их устойчивости к химическому загрязнению/ М.А. Глазовская // Земельные ресурсы мира их использование и охрана. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. С. 85-89.
46. Головина Л.П., Микроэлементы в почвах западной провинции Украинского полесья/ М.Н. Лысенко, Т.И. Кисель, В.Б. Матвеев // Агробиология и почвоведение. Киев, 1988. № 51. С.54-61.
47. Голубчиков С.Н. Гутников В.Н. и др. Экология крупного города (на примере Москвы): Учебное пособие. – М.: Изд-во «ПАСЬВА», 2001 – 189с.
48. Города России. Энциклопедия / Под ред. Г.М. Лаппо. М.: Большая российская энциклопедия, 1994. 559 с.
49. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды УР в 1998 г.»: Информ. Изд./ Комитет по охране окружающей среды. Удм. Респ. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 1999. – 242с.

50. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды Удмуртской Республики в 1999 г."; Информ. Изд-е. Ижевск: Изд-во Ижевского техн. ун-та, 2000. 228 с.
51. Государственный доклад "О состоянии окружающей среды Удмуртской Республики в 2000 г."; Информ. Изд-е. Ижевск: Изд-во Ижевского техн. ун-та, 2001. 228 с.
52. Гришина А.И. Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв. М. Изд-во Московского Ун-та, 1990 – 203с.
53. Громова Е.А. Влияние основных свойств почвы на химическое состояние в ней цинка // Агрехимия. 1973. №1. с. 147-153.
54. Гузев В.С. и др. Тяжелые металлы как фактор воздействия на микробную систему почв. // Экологическая роль микробных метаболитов. М.,1986. с. 82-104.
55. Дзаногов С.Х. Тяжелые металлы в почвах Северной Осетии – Алании // Матер. Первой Междунар. науч. конф. «Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия» (24-28сент. 2001 г, г. Ставрополь). Ставрополь, 2001 г, с 248-249.
56. Демченко Л.И. Использование почв загрязненных тяжелыми металлами - рекультивация или подбор культур?/ Л.И. Демченко // Сертификация и управление качеством экосистем на Южном Урале : Тез. докл. Рос. науч. техн. конф., Оренбург, 14-16 мая 1997г. Оренбург, 1997. С. 125-126.
57. Демьшева А.С. Экологическая безопасность Московской области / А.С. Демьшева, К.Л. Матевосова //Экология и промышленность России. 2002. №1. С.38-40.
58. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении/ Е.А. Дмитриев. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 320 с.
59. Дмитриев Е.А. Особенности распределения в почвах под ветровалами подвижных форм железа и марганца/ Е.А. Дмитриев, В.Ф. Басевич // Почвоведение. 1984. № 9. С. 78-88.

60. Дмитриев Е.П. Почва и почвоподобные тела/ Е.П. Дмитриев // Почвоведение. 1996. № 3. С. 310-319.
61. Дмитриев М.Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде / М.Т. Дмитриев, Н.И. Казнина, И.А. Пинигина: Справ. Изд-е. М.: Химия, 1989. 368 с.
62. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы/ В.В. Добровольский // Почвоведение. 1997. № 4. С.431-441.
63. Добровольский В.В. География микроэлементов и глобальное рассеяние/ В.В. Добровольский. М., 1983. 271 с.
64. Добровольский Г.В. Экологические функции почвы/ Г.В. Добровольский, Е.Г. Никитин. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 136 с.
65. Евдокимова Г.А. Биологическая активность почв в условиях аэротехногенного загрязнения на Крайнем Севере/ Г.А. Евдокимова, Е.Е. Кислых, Н.П. Мозгова. Л., 1984. 120 с.
66. Евдокимова Г.А. Микробиологическая активность почв при загрязнении тяжелыми металлами/ Г.А. Евдокимова // Почвоведение. 1982. № 6. С. 125-132.
67. Евдокимова Т.И. Методические указания по почвенному картографированию и полевым исследованиям почв/ Т.И. Евдокимова. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1988. 40 с.
68. Евдокимова Т.И. Почвенная съемка/ Т.И. Евдокимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 269 с.
69. Ефимов М.Ф. Влияние пыли на рост растений // Ботан. журн. .-1959 – т.44-№46.-С822-824.
70. Жуйкова Т.В. Разные стратегии адаптации растений к токсическому загрязнению среды тяжелыми металлами (на примере *Такахасум officinale S.L.*)/ Т.В. Жуйкова, В.Н. Позолотина, В.С. Безель // Экология. 1999. №3. С. 189-196.
71. Журавлева Е.Г. О связи содержания меди и железа в дерново- подзолистой почве/ Е.Г. Журавлева // Химия почвы. Формы соединений и методы определения макро и микроэлементов. № 3004. Науч. тр. почв. ин-та. М., 1978. С.71-78.



72. Журавлева Е.Г. О формах соединений и подвижности меди в дерново-подзолистой почве/ Е.Г. Журавлева // Химия почвы. Формы соединений и методы определения макро и микроэлементов. № 3002. Науч. тр. почв. ин-та. М., 1978. С.49-60.
73. Журавлева Е.Г. О динамике микроэлементов в почвах/ Е.Г. Журавлева // Тр. ВИЦА. 1982. Вып. 62. С.40-46.
74. Заметаева А.Н. Загрязнение снежного покрова Удмуртии / А.Н. Заметаева. Дипломная работа. УдГУ, Ижевск, 2001. 61с.
75. Защита окружающей среды от техногенных воздействий / Под общ. ред. Г.Ф. Невской. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 216 с.
76. Зборищук Ю.Н. Медь и цинк в пахотном слое (0-20 см) почв европейской части СССР/ Ю.Н. Зборищук, Н.Г. Зырин // Почвоведение. 1978. №1. С.31-37.
77. Зеликов В.Д. Классификационная почв, земель и грунтов городов, населенных зон и рекреационных зон/ В.Д. Зеликов // Науч. тр. Моск. лесотехн. Ин-та. 1992. № 256. С. 99-104.
78. Зимаков Е.И. Миграция цинка из почвы в некоторые сельскохозяйственные растения/ Е.И. Зимаков // Тр. ВНИИВС / ВНИЦ вет. санитарии. 1978 (79). С. 120-123.
79. Золотарева Б.Н. Результаты измерения тяжелых металлов в природных средах Приокско-террасного биосферного заповедника/ Б.Н. Золотарева // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Л.: Гидрометеиздат, 1984. Вып. 2. С.119-131.
80. Зонн С.В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты)/ С.В. Зонн . М.: Наука, 1982. 206 с.
81. Зырин Н.Г. Общие закономерности в миграции и распределении подвижных форм микроэлементов в почве/ Н.Г. Зырин // Микроэлементы в почвах Советского Союза. Вып.1 / Под ред. В.А. Ковды, Н.Г. Зырина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973.С.9-39.
82. Зырин Н.Г. Формы соединений цинка в почвах и поступление его в растения/ Н.Г. Зырин, В.И. Рерих, Ф.А. Тихомиров // Агрехимия. 1976. № 5. С. 124-132.

83. Ильин В.Б. Биогенная и техногенная аккумуляция химических элементов в почве/ В.Б. Ильин // Почвоведение. 1988а. № 7. С. 124-132.
84. Ильин В.Б. Об обеспеченности почв Западной Сибири микроэлементами и применении микроудобрений/ В.Б. Ильин // Сиб. вестн. сельском хозяйстве науки. 1988б. №4. С.3-7.
85. Ильин В.Б. Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение/ В.Б. Ильин, М.Д. Степанова // Почвоведение. 1979. № 11. С. 61-67.
86. Ильин В.Б., Степанова М.Д. О фоновом содержании тяжелых металлов в растениях/ В.Б. Ильин // Изв. Сиб. Отд. АН СССР. Сер. Биол. науки. 1981. № 5/1. С. 26-32.
87. Ильин В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях/ В.Б. Ильин, А.И. Сысо. Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
88. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири/ В.Б. Ильин // Почвоведение. 1987. № 11. С. 87-94.
89. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение/ В.Б. Ильин. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1991. 151 с.
90. Инструкция по полевому почвенному обследованию. Удм. отд. ин-та "Росгипрозем". Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1975. 48 с.
91. Исупов Б.А. О роли защитных лесных насаждений в снижении вредоносности техногенных загрязнителей почвы/ Б.А. Исупов // Сб. науч. тр. ВНИИ агролесомелиорация. 1998. № 1. С. 146-153.
92. Кабата-Пендиас.А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989 – 439с.
93. Кальницкий Б.Д. Минеральные вещества в кормлении животных – Л.: Агропромиздат, 1985. – 207с.
94. Камерилова Г.С. Экология города: Урбозкология. М., 1997.

95. Капелькина Л.П. Геохимическая оценка почв г. Ленинграда/ Л.П. Капелькина, К.В. Васильева //Эколого-геохимическая оценка городов различных регионов страны. М.: ИМГРЭ, 1991. С. 30-34.
96. Келеберда Т. Н., Другов А. Н.. О систематике и классификации почв, образованных в процессе техногенеза // Почвоведение, №11,1983. С 17-21.
97. Классификация и диагностика почв СССР. М. Колос. 1977. 223 с.
98. Классификация почв России / Составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН. 1997. 235 с.
99. Ковальский В.В и др. Методы определения микроэлементов в органах и тканях животных, растениях и почвах. – М.: «Колос», 1969. – 272с.
100. Ковальский В.В. Микроэлементы в почвах СССР/ В.В. Ковальский, Г.А. Андрианова. М.: Наука, 1970. 180 с.
101. Ковальский В.В. Краткий обзор результатов исследований по проблемам микроэлементов за 1977 г./ В.В. Ковальский, А.Ф. Ноллендорф, В.В. Упитис // Микроэлементы в СССР. 1979. № 2. С. 3-49.
102. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981.
103. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985 – 263с.
104. Ковриго В.П. Удмуртская АССР/ В.П. Ковриго, И.И. Вараксин // Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Урала. М.: Наука, 1964. С. 138-167.
105. Колесников С.И. и др. Влияние загрязнения ТМ на микробную систему чернозема // Почвоведение. 1999. №4. с. 505-511.
106. Коломыц Э.Г. Природные комплексы большого города: ландшафтно-экологический анализ/ Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова, Н.А. Сурова, М.В. Сидоренко и др.. М.: Наука "МАИК". 2000. 286 с.
107. Кондратьев И.И. Метеорологические, геохимические и медицинские аспекты загрязнения природной среды г. Спасска -Дальнего Приморского края/ И.И.

- Кондратьев, В.Г. Свинухов, Г.В. Свинухов, М.В. Фокин, Н.А. Черпак. Владивосток: Изд-во Дальневост-го ин-та, 1995. 184 с.
108. Косолапова А.В. Изменение свойств почвы под влиянием аэротехногенного загрязнения среды/ А.В. Косолапова // Современные проблемы почвоведения и экологии.: Тез докл. конф. мол. ученых фак-та почвоведения МГУ (Красновидово, 23-28 мая 1994г). М., 1994. С. 15.
109. Коробий Э.Н. Сравнительная оценка вытяжек при определении доступных растениям количеств марганца в почвах Среднеамурской низменности/ Э.Н. Коробий // Агрохимия. 1977. №5. С. 138-141.
110. Копчик Г.Н., Копчик С.В., Олмид Д. Трансформация элементарного состава растений лесных биогеоценозов северной тайги под воздействием атмосферного загрязнения / Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. - 1999. -№3. С. 37-38.
111. Котлов Ф. В. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М., "Наука", 1977.
112. Кузнецов М.Ф. Микроэлементы в почвах Удмуртии. Изд-во Удм. ун-та, 1994 – 237с.
113. Кузнецов М.Ф. Химический анализ почв и растений в экологических исследованиях. Учебное пособие. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1997 – 102с.
114. Ладонина Н.Н. Загрязнение почв Юго- Восточного административного округа г. Москвы медью и цинком/ Н.Н. Ладонина, Д.В. Ладонин // Экология. 2000. № 1. С. 61-64.
115. Ладонина Н.Н. Загрязнение тяжелыми металлами почв и травянистых растений Юго-Восточного округа г. Москвы/ Н.Н. Ладонина, Д.В. Ладонин, Е.Н. Наумова, В.А. Большаков // Почвоведение. 1999. № 7. С. 885-893.
116. Ладонин Д.В. Взаимодействие гуминовых кислот с тяжелыми металлами/ Д.В. Ладонин, С.Е. Марголина // Почвоведение. 1997. № 7. С. 806-811.
117. Ладонина Н.Н. Химический состав почв и растительности антропогенно нарушенных экосистем Юго-Восточного административного округа г. Москвы/ Н.Н. Ладонина. Автореф. дисс. ...канд. наук. МГУ М., 1999. 23 с.

118. Лаппо Г. М. География городов: Учеб. пособие для геогр. ф-тов вузов. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997. 480 с.
119. Лапчинская Л.В. Химические свойства почвенно-растительного покрова г. Харькова/ Л.В. Лапчинская, Г.Е. Мирка, И.М. Подоба // Эколого- геохимический анализ техногенного загрязнения. М.: ИМГРЭ, 1991. С. 116-126.
120. Ларина Т.Е. Загрязнение тяжелыми металлами почв газонов Ленинского района г. Москвы/ Т.Е. Ларина, А.И. Обухов // Почвоведение, 1996, № 11. С. 1404-1408.
121. Лебедева И. И., Тонконогов В. Д., Шишов Л. Л. Классификационное положение и систематика антропогенно-преобразованных почв // Почвоведение, № 9, 1993, с. 98-106.
122. Лебедева И.И. Структура почвенного покрова и антропогенез/ И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов // Почвоведение. 1994. № 2. С. 38-42.
123. Лебедева И.И. Антропогенно-преобразованные почвы в мировых классификационных системах/ И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, М.И. Герасимова // Почвоведение. 1996 а. № 8. С. 961-967.
124. Лебедева И.И. Классификационное положение с систематика антропогенно-преобразованных почв/ И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, Л.Л. Шишов // Почвоведение. 1993. № 9. С. 98-106.
125. Лебедева И.И. Агрогенно-преобразованные почвы: эволюция и систематика/ И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов, Л.Л. Шишов, П.А. Суханов, А.Ю Перцович // Почвоведение. 1996 б. № 3. С. 351-358.
126. Лебедева И.И. Антропогенная деградация морфологического профиля почв/ И.И. Лебедева, В.Д. Тонконогов // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тез. Всерос. конф. Москва, 16-18 июня 1998г. М., 1998. С. 53-55.
127. Линник Н.П., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л., 1986.

128. Лукашев К.И., Петухова Н.Н. Геохимические особенности поведения микроэлементов в почвенно-растительном комплексе Белорусской ССР / Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Улан –Удэ, 1968.
129. Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении/ И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. М.: Высш. шк, 1998. 287 с.
130. Лукашев В.К. Особенности распределения и формы соединений микроэлементов в почвах крупного промышленного города / В.К. Лукашев, Т.М. Симуткина // Почвоведение. 1984. №4. С. 43-52.
131. Лукашев В.К. Эколого геохимическое районирование территории г. Минска по уровню загрязнения почв тяжелыми металлами / В.К. Лукашев, Л.В. Окунь // Эколого-геохимическая оценка городов различных регионов страны. М.: ИМГРЭ, 1991.С.53-58.
132. Лукина Н.В., Никонов В.В. Состояние еловых биогеоценозов севера в условиях техногенного загрязнения. – Апатиты. Кол. Фил. АН ССР, 1993 – 132 с.
133. Махонина Г.И. Скорость восстановления почвенного покрова на антропогенно-нарушенных территориях ( на примере археологических памятников Зап. Сибири) / Г.И. Махонина, И.Н. Коркина // Экология. 2001. № 1. С. 14-19.
134. Махонько Э.П. О загрязнении почв промышленных районов тяжелыми металлами / Э.П. Махонько, Н.И. Первунина, Г.К. Вертинская // Тр. ИЭМ. 1976. Вып. 4 (56). С.109-113.
135. Методические рекомендации по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами / Сост. И.Г. Важенин. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М., 1987. 25 с.
136. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / Сост.: В.А. Большаков, Ю. Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина, З.Н. Кахнович, В.В. Мясников. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 31 с.
137. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометеиздат. 1981. 109 с.

138. Минеев В.Г. Воспроизводство почвенного плодородия агрохимическими средствами и охрана почв от техногенного загрязнения // Вестник с-х. науки – 1988. №6 – с. 95-101.
139. Моисеенко О.В. Эколого-геохимический анализ промышленного города (на примере г. Тольяти) / О.В. Моисеенко // Автореф. дисс.... канд. наук. М., 1989. 33 с.
140. Москаленко Н. Н., Смирнова Р. Г. Геохимическая оценка загрязнения окружающей среды Ленинского района г. Москвы и Московского региона. М., Изд-во МГУ, 1990, с. 172 – 177.
141. Морфологическая характеристика почв: Метод. указ. к курсу "География почв с основами почвоведения" / Сост. М. Ф. Кузнецов. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1997. 34 с.
142. Муха В.Д. и др. Соотношение содержания ТМ в почве и почвообразующей породе как критерий загрязненности почв// Почвоведение, 1998. №10.
143. Национальный доклад " О состоянии окружающей природной среды Удмуртской республики в 1995 г.". Ижевск, 1996.
144. Никитин А.Т. Экология, охрана природы, экологическая безопасность. Учебное пособие – Москва.: Изд-во МНЭПУ, 2000 – 648с.
145. Никодемус О.Э. Комплексная эколого-геохимическая индикация окружающей среды г. Риги / О.Э. Никодемус // Эколого-геохимическая оценка городов различных регионов страны. М.: ИМГРЭ, 1991. С. 39-41.
146. Обухов А.И. Содержание и динамика цинка в системе почва - мандариновое дерево А.И./ Обухов, Т.Д. Мдинарадзе // Почвоведение. 1986. № 5. С. 47-54.
147. Обухов А.И. Атомно-адсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях / А.И. Обухов, И.О. Плеханова М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 184 с.
148. Обухов А.И. Сезонная динамика и пространственная вариабельность содержания тяжелых металлов в почвах и почвенно-грунтовых водах / А.И. Обухов, А.А. Попова // Почвоведение. 1992. № 9. С. 42-51.

149. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва-растение - удобрение. Москва, 1997 – 290с.
150. Орлов Д.С., Малинина М.С. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник. М.: Агропромиздат, 1991 – 303с.
151. Орлов Д.С., Воробьева Л.А., Матузова Г.В. Почвенно-химические условия, ограничивающие уровни показателей химического состояния почв при их загрязнении // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах: Тр. 5 Всесоюзн. совещ., Обнинск, 12-15 января 1978г. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 243 с.
152. Отчет ООО «Барс» по инженерно-геологическим изысканиям. Ижевск, 2003.
153. Отчет. Инженерно-экологические изыскания на территории Камбарского района УР. ОАО «Прикампромпроект» 2000 г.
154. Пейве Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов – М.: Наука, 1980.
155. Перевощиков А.П. Сарапул. Экономико-географический очерк, Ижевск. 1981.
156. Пермяков Ф. И. Почвы Удмуртии. Ижевск: Удм. кн. изд-во, 1955. 123 с.
157. Пермяков Ф. И. Почвы Удмуртии. Повышение их плодородия. Ижевск: Удмуртия, 1972. 221 с.
158. Плеханова И. О. Накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями при внесении осадками сточных вод / И. О. Плеханова, Ю.Д. Кутукова, А. И. Обухов // Почвоведение. 1995. № 12. С. 1530-1536.
159. Плеханова И. О. Содержание тяжелых металлов в почвах парков г. Москвы / И. О. Плеханова // Почвоведение. 2000. № 6. С. 754-759.
160. Побединцева И.Г. Тяжелые металлы в широколиственных лесах заповедника "Тульские засеки" / И.Г. Побединцева, Т.М. Дианова // Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах / Под ред. М.А. Глазовской. Изд-во Моск. ун-та. 1983. С. 12-16.



161. Побединцева И.Г. Содержание микроэлементов в гранулометрических фракциях степных почв, развитых на коре выветривания гранитов / И.Г. Побединцева // Микроэлементы в ландшафтах Советского Союза. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. С. 89-108.
162. Попович Л.В. Поступление, содержание и перераспределение загрязняющих веществ в почве / Л.В. Попович // Междунар. с.-х. журнал. 1993. № 1. С. 48-51.
163. Почва, город, экология./ Под общей ред. Акад. РАН Г. В. Добровольского – М.: Фонд "За экономическую грамотность", 1997. 320 с.
164. Почвы колхоза «Дружба» Камбарского района Удмуртской АССР и рекомендации по их использованию, 1990
165. Природа Удмуртии / Под ред. А.И. Соловьева. Ижевск: Удмуртия. 1972. 230 с.
166. Праздников С.С. Способы рекультивации загрязненных тяжелыми металлами почв / С.С. Праздников // Совершенствование методики агрохимических исследований : Матер. Науч. конф., Белгород, сентябрь 1995. М., 1997. С. 173-179.
167. Природные ресурсы и экология Удмуртии: Науч.-практ. и метод. материалы / Сост. и общ. ред. А.К. Осипов. Ижевск: Изд-во Удм. Ун-та, 1995. 200 с.
168. Прокофьева Т.В. Городские почвы запечатанные дорожными покрытиями (на примере г. Москвы) / Т.В. Прокофьева // Дисс. ... канд. биол. наук. М., 1998. 154 с.
169. Прокофьева Т.В. Особенности функционирования городских почв под асфальтобетонными покрытиями / Т.В. Прокофьева // Проблемы антропогенного почвообразования :Тез. докл. Междунар. конф., Москва, 16-21 июня, 1997. Т.2, М.: 1997. С. 223-227.
170. Прокофьева Т.В. Почвы урбанизированных территорий / Т.В. Прокофьева // Современные проблемы почвоведения и экологии: Тез. докл. конф. Мол. ученых фак. почвоведения МГУ, Красновиново, 23-28 мая, 1994. Ч.4. М., 1994. С. 18-22.

171. Прокофьева Т.В. Опыт микроморфологической диагностики городских почв / Т.В. Прокофьева, С.Н. Седов, М.Н. Строганова, А.А. Каздым // Почвоведение, 2001. №7. С. 879-890.
172. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
173. Рохмистров В. Л., Иванова Т. Г. Изменение дерново-подзолистых почв в условиях крупного промышленного центра // Почвоведение, №5, 1985. с. 17-21.
174. Рылова Н.Г. Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г. Ижевска): Дис. ... канд. биол. наук. Ижевск, 2003.
175. Рылова Н.Г. Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г.Ижевска): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ижевск, 2003.
176. Руэце К. Кырстя С. Борьба с загрязнениями почвы. (под ред. Штефана). – М.: Агропромиздат, 1992 – 222с.
177. Рылова Н.Г. Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г. Ижевска). Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.б.н. Ижевск, 2003.
178. Сает Ю.Е. Ревин Б.А. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990 – 335с.
179. Салихова Е.В. Тяжелые металлы в почвенном покрове Калининграда / Е.В. Салихова // Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия. Мат-лы межд. конф. 24-28 сент. 2001г, Ставрополь: Ставропольская сельскохозяйственная акад., 2001. С. 259-260.
180. Словцова Г.А. Марганец в почвах и его доступность для растений / Г.А. Словцова // Сельское хозяйство аза рубежом. Растениеводство. 1972. №6. С. 15-17.
181. Соколов И. А. Базовая субстантивно-генетическая классификация почв. // Почвоведение, №3, 1991. с. 107-121.

182. Солнцева Н.П. Морфогенетический анализ техногенно преобразованных почв / Н.П. Солнцева, М.И. Герасимова, Н.Е. Рубилина // Почвоведение. 1990. № 8. С.124-129.
183. Солнцева Н.П. Методика ландшафтно-геохимических исследований влияния техногенных потоков на среду / Н.П. Солнцева // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981. С. 41-77.
184. Строганова М.Н. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв Юго-Западной части г. Москвы) / М.Н. Строганова, А.Д. Агаркова // Почвоведение. 1992. № 7. С. 16-23.
185. Строганова М.Н. Классификация городских почв / М.Н. Строганова, А.Д. Мягкова, Т.В. Прокофьева // Проблемы антропогенного почвообразования: Тез. докл. Междунар. конф., Москва, 16-21 июня 1997 г. Т.2. М., 1997 а. С.234-239.
186. Строганова М.Н. Роль почв в городских экосистемах / М.Н. Строганова, А.Д. Мягкова, Т.В. Прокофьева // Почвоведение. 1997 б. № 1. С. 96-101.
187. Стурман В. И. Геоэкология и природопользование: Курс лекций. Ижевск: Изд. Удм. ун-та, 1999. 246 с.
188. Удмуртская республика: энциклопедия. Ижевск: Издательство Удмуртия», 2000.-800 с.:ил.
189. «Уралэнергоремонт». Данные исследований. 2002.
190. Урбанизация и экология. Межвузовский сборник научных трудов / М-во образования РСФСР – Л., 1990 – 140с.
191. Учватов В.П., Золотарева Б.Н. Тяжелые металлы в геохимическом ландшафте Калужских засек / Тяжелые металлы в окружающей среде. - Пушкино, 1996. - с.89-91.
192. Хакимов Ф.И. Эколого-геохимическая характеристика почв промышленного города / Ф.И. Хакимов, Н.Ф. Деева, А.А. Ильина // Экология и почвы. Избранные лекции 1-7 Всероссийских школ. Пушкино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. 252 с.
193. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник // Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Матузова и др. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.

194. Химия тяжелых металлов, As и Mo в почвах // Под ред. Н.Г. Зырина, Л.К. Садовниковой. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 208 с.
195. Цемко В.П. Процессы рассеяния микроэлементов в почвах / В.П. Цемко, И.К. Паламарчук, Г.М. Залуцкан //Микроэлементы в окружающей среде. Киев, 1980. С.31-34.
196. Церлинг В.В. О методике сбора растительного материала для диагностики микроэлементного состава / В.В. Церлинг // Бюлл. Почв. ин-та ВАСХНИЛ, 1980. № 24. С. 7-8.
197. Ципленков В.П. Определение зольного состава растительных материалов / В.П. Ципленков, Т.А. Банкина, А.С. Федоров. Л., 1981. 160 с.
198. Чендев Ю. Г. Этапы и тренды техногенной трансформации почвенного покрова центральной лесостепи (Белгородская область) / Ю. Г. Чендев, А.Н. Геннадиев // Вестн. Моск. ун-та. Сер.5. География. 1993. №2. С.29-37.
199. Черненькова Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. - М.: Наука, 2002. - 91с.
200. Чертов О.Г. Подвижность тяжелых металлов в загрязненных гумусово-иллювиальных подзолистых почвах / О.Г. Чертов, И.В. Лянгузова, Е.В. Кордюкова // Почвоведение. 1985. №5. С. 50-56.
201. Чертов О.Г. Изменение лесных почв под воздействием кислых осадков / О.Г. Чертов, Г.П. Меньшиков. Изв. АН СССР. Сер. Биология. 1983. №6. С. 906-913.
202. Чертов О.Г. Об оценке экологического состояния почв в районах крупных промышленных агломераций ( на примере С-Пб) / О.Г. Чертов, Н.С. Чуков, Н.В. Ковш и др. //Тр. биол. НИИ СПбГУ. 1996. № 45. С. 19-33.
203. Чулджиян Х. и др. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Экологическая конференция. – Братислава, 1988, вып 1., с. 5-24.
204. Чумаков А.В. Визуальная диагностика недостатка питательных веществ в растениях // Биологическая роль микроэлементов. М.: Наука, 1983. с. 120-127.

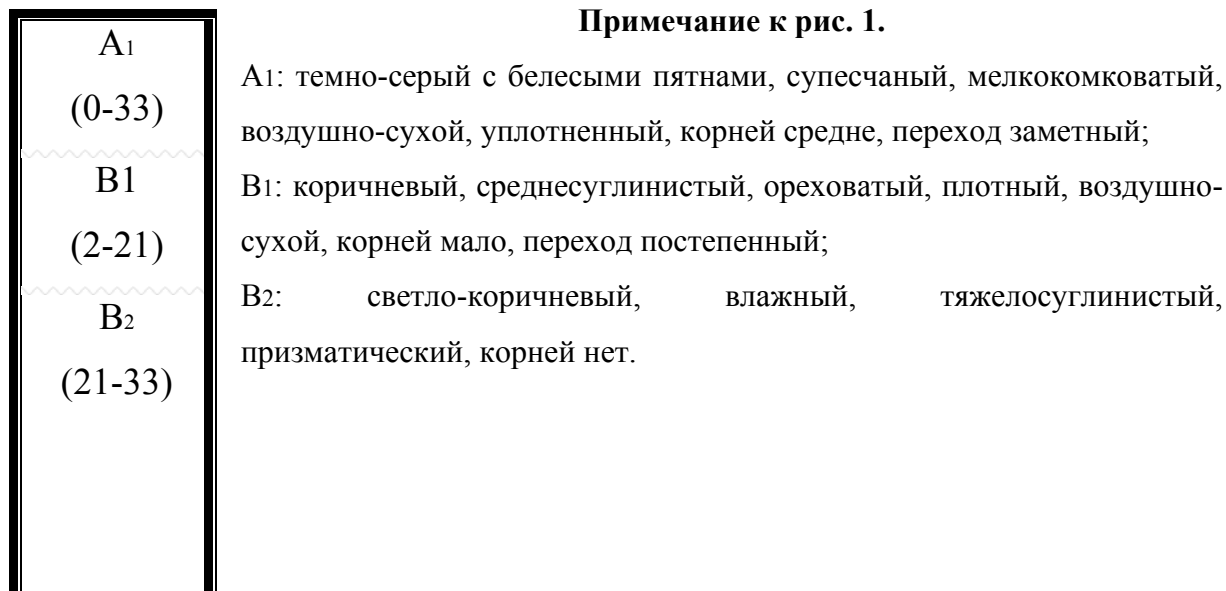
205. Шеходанов В. А., Проворов В. М., Шаронов Л. В. и др. Геология и нефтеносность Удмуртской АССР / Под ред. Проф. Л. В. Шаронова. Ижевск, "Удмуртия", 1976.
206. Шильников и др. Миграция ТМ из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистых пахотных почв // Агрохимия, №8, 1997.
207. Шихова И.И. Геохимическая трансформация почв и растительности в районах функционирования предприятий цветной металлургии / И.И. Шихова, А.К. Махнев, А.И. Лукьянец // Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. Свердловск. УНЦ АН СССР, 1984. С. 14-37.
208. Шихова Н.С. Биогеохимическая оценка состояния городской среды / И.И. Шихова // Экология. 1997. №2. С 146-149.
209. Шихова Л.Н., Егошина Т.Л. Тяжелые металлы в почвах и растениях таежной зоны Северо- Востока Европейской России. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2004.-264 с.
210. Школьник М.Я., Макарова Н.А. Микроэлементы в сельском хозяйстве. Изд-во Академии наук СССР. М., 1957.
211. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Изд-во «Наука». Ленинград, 1974 – 324с.
212. Эльмелиги М.А. Микроэлементы (Cu, Co, Mn) в почвах Ленинградской области / М.А. Эльмелиги, Э.И. Гагарина, Н.Н. Матинян, Л.С. Счастливая // Вестник Ленингр. ун-та. Сер. Почвоведение. 1977. № 21. С. 116-123.
213. Ягодин Б.А. Содержание микроэлементов Zn и Co в почвах и растениях в зависимости от применяемых удобрений / Б.А. Ягодин, И.В. Тищенко // Вестн. сельскохозяйственной науки. 1978. №3. С. 42-50.
214. Якушевская И.В. Медь / И.В. Якушевская // Микроэлементы в почвах Советского Союза. Вып.1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. С. 216-223.
215. Якушевская И.В. Микроэлементы в природных ландшафтах / И.В. Якушевская. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 99 с.

216. Ярославцев Г.Д. Пылезащитные свойства некоторых древесных пород // Изв. АНТССР.-1954.№5. С. 40-51.
217. Allaway W. Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements / W. Allaway // *Advances in Agronomi*. 1968. V.20. P. 211-218.
218. Alvazer-Tinaut MC. Leal A., Recalde – Martineser L.R. Iron – manganese interaction and its relation to boron levels in tomato plant // *Plant and Soil*. – 1980. – Vol 55 – P. 377.
219. Baker A. I. M. Phytoremediation - a developing technology for the remediation and decontamination of metal-polluted soils and effluents / A. I. M. Baker // *Phytoparasitica*. 1998. 28 № 4. P. 335.
220. Baker D. E. Chemical monitoring of for environmental analytic and animal and human health / D. E. Baker, L. Chlechnin // *Advances in Agronomi*. 1975. V.27. P. 306-360.
221. Blume H P Classification of soils in Urban agglomerations // *Catena*. 1990. V.16. P. 269-275.
222. Bockheim J. G. Nature and properties of highly disturbed urban soils / J. G. Bockheim. Philadelphia, Pennsylvania, 1974. Paper presented before Div. S-5, Soil Science of America, Chicago, Illinois
223. Bridges E. M. Soils in the urban jungle // *Geografical magaz*. 1989. № 61. P. 1-4.
224. Burghardt W. Soils in urban and industrial environments / W. Burghardt // *Z. Pflanzenernahr. Bodenkd*. 157, 1994. P. 205-214
225. Bussler W. Microscopial possibilities for the diagnosis of trace element stress in plants// *Plant. Mutr*. 1981. Vol.3, No. 1-4. P.115-128.
226. Chan Y. S. G. Influence landfill factors on plants and soil fauna - an ecological perspective / Y. S. G. Chan, L. M. Chu, M. H. Wong // *Environ. Pollut*. 1997. № 1-2. P.39-44.
227. Chaney R.L., Brown I.C., Tiffin L.O., Obligatori redustion of ferric chelates in iron uptake by soybeans, *Plant Physiol.*, 50, 208. 1972.

228. Giasson P. La phytorestauration des sols contaminés au Québec / P. Giasson, A. Iaouich // *Vecteur Environ.* 1998. 31, № 4. P. 40-53.
229. Laperche V. Effect of apatite amendments on plant uptake of lead from contaminated soil / V. Laperche, T. I. Logan, S. I. Traina // *Environ. Sci. And Technol.* 1997. 31. № 10. P. 2745-2753.
230. Lindren E. R. In situ removal of contamination from soil / E. R. Lindren, P. Bradi. ViUS Department of Energy. № 636613, 1998, P. 240-246.
231. Matsumoto S. Fundamentals and practices of soil bioremediation / S. Matsumoto // *Soil Sci. And Plant Nutr.* 1999. 45. №1. P. 237-251.
232. Sucopp H., Blume H. P., Kunck W, The soil, flora and vegetation of Berlin s waste lands // Laurie I. S. (Ed), *Nature in Cities.* London. 1978. P. 115-132.
233. Vetter H., Medlhop R. Immision stoffbelastung in der Nachbarschaft einer Blei und Zinkhutte//*Berichte über Landwirtschaft.*—1974.—Bd.52—s- 327-350.
234. Wand H. Model study of acid rein effect on adsorption of trace elements on soils / H. Wand, S. Ambe, N. Takematsu, F. Ambe // *RIKEN Accel. Progr. Rept.* 1997. V. 31. P. 124.
235. Weber J. Environmental factors influence to heavy metal concentration in soils in the vicinity of the copper smelters // *Int. Symp. Environ. Biogeochem., Salamanca, Sept/ 27 - Oct. 1, 1993: Abstr.* [Salamanca,1993]. P. 156-167.

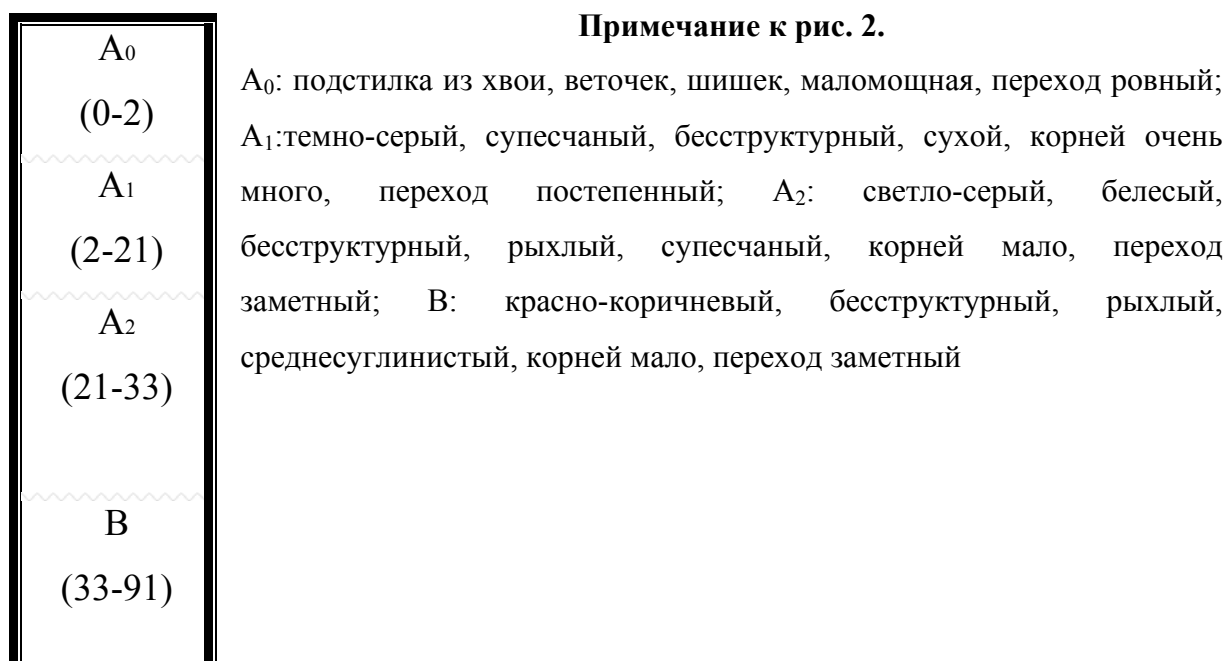
**Морфологическая характеристика почв г. Сарапула и г. Камбарки**  
**Блоки почв г. Сарапула.**

**Рис. 1. Пример профиля серой лесной оподзоленной почвы (Разрез 49. Улица Седельникова)**



**Примечание к рис. 1.**

**Рис. 2. Пример профиля дерново-среднеподзолистой супесчаной мелкопесчанистой почвы (Разрез 21, смешанный лес, г. Сарапул).**



**Примечание к рис. 2.**



**Рис. 3. Пример профиля урбанопочвы (Разрез 6, Слабонарушенная серая лесная почва. Двор, ул. Интернациональная).**

**Примечание к рис. 3.**

$U_1/a_2$ (0-26)	$U_1$ : серо-коричневый, бесструктурный, уплотненный, супесчаный с глинистыми вкраплениями, включений строительного и бытового мусора < 25 %, корней мало, переход постепенный;
$A_1$ (26-62)	$A_1$ : серый, бесструктурный, уплотненный, среднесуглинистый, без включений, корней мало, переход постепенный;
$B$ (62-119)	$B$ : красно-коричневый, бесструктурный, плотный, корней нет.

**Рис. 4. Пример профиля урбанозема (Разрез 33. Урбанозем мощный. Перекресток ул. К. Маркса и 3-й Сарапульский переулок).**

**Примечание к рис. 4.**

$U_1/a_2$ (0-26)	$U_1$ : серый, супесчаный, перемешанный, бесструктурный, уплотненный, включения гальки < 25%, мусора >50%, корней много, включения – галька (25-50 %), переход заметный;
$U_1/a_2$ (0-81)	
$U_2/a_{2-4}$ (81-102)	$U_2$ : коричневый, легкосуглинистый, включения – галька (до 25 %), корней много, переход постепенный;
$U_3/a_2$ (102-134)	$U_3$ : черный, суглинок и песок, бесструктурный, плотный, включения гальки до 25%, корней нет, переход постепенный;
$U_4$ (134-194)	$U_4$ : серо-коричневый, тяжелосуглинистый, бесструктурный, плотный, влажный, корней нет.

**Рис. 5. Пример профиля экранозема. (Разрез 3. Экранозем мощный. Ул. Гагарина)**

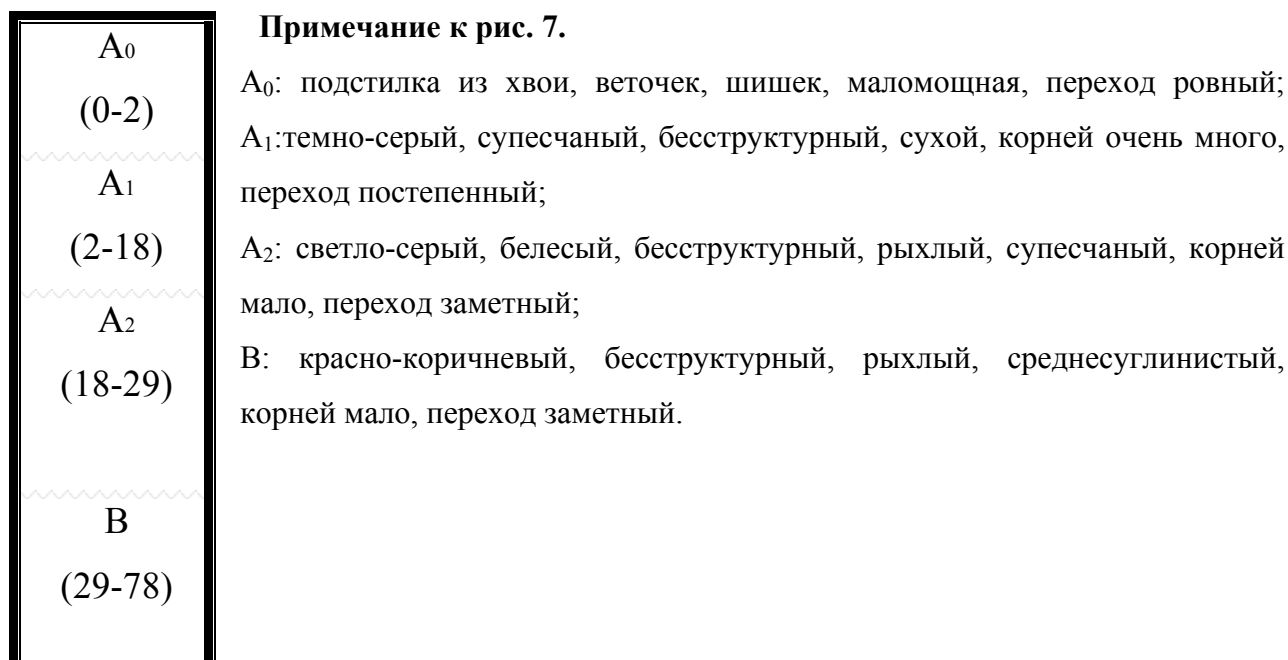
<b>Примечание к рис. 5</b>	
U <sub>1</sub> (0-14) асфальт	U <sub>1</sub> -асфальт;
U <sub>2</sub> (14-25)	U <sub>2</sub> :щебень, галька;
U <sub>3</sub> (25-50)	U <sub>3</sub> :серо-желтый, песчаный, бесструктурный плотный, включения гальки, гравия а <sub>4</sub> , корней нет, переход заметный;
U <sub>4</sub>     (50-63)	U <sub>4</sub> : серо-коричневый. Суглинок с песком, бесструктурный, плотный, включения гальки а <sub>3</sub> , корней нет, переход постепенный;
A <sub>1</sub> / U <sub>5</sub> (63-118)	A <sub>1</sub> /U <sub>5</sub> :темно-серый, перемешанный, супесчаный, бесструктурный, влажный, включения гальки а <sub>1</sub> , корней нет, переход постепенный;
B <sub>1</sub> (118-167)	B <sub>1</sub> : красный, тяжелосуглинистый, бесструктурный, плотный, корней нет, переход постепенный,;
B <sub>2</sub> (167-232)	B <sub>2</sub> : красный с серым оттенком, тяжелосуглинистый, плотный, корней нет, включений нет.

**Рис. 6. Профиль реплантозема перемешанно-насыпного мощного с маломощным гумусовым слоем (Разрез 38.**

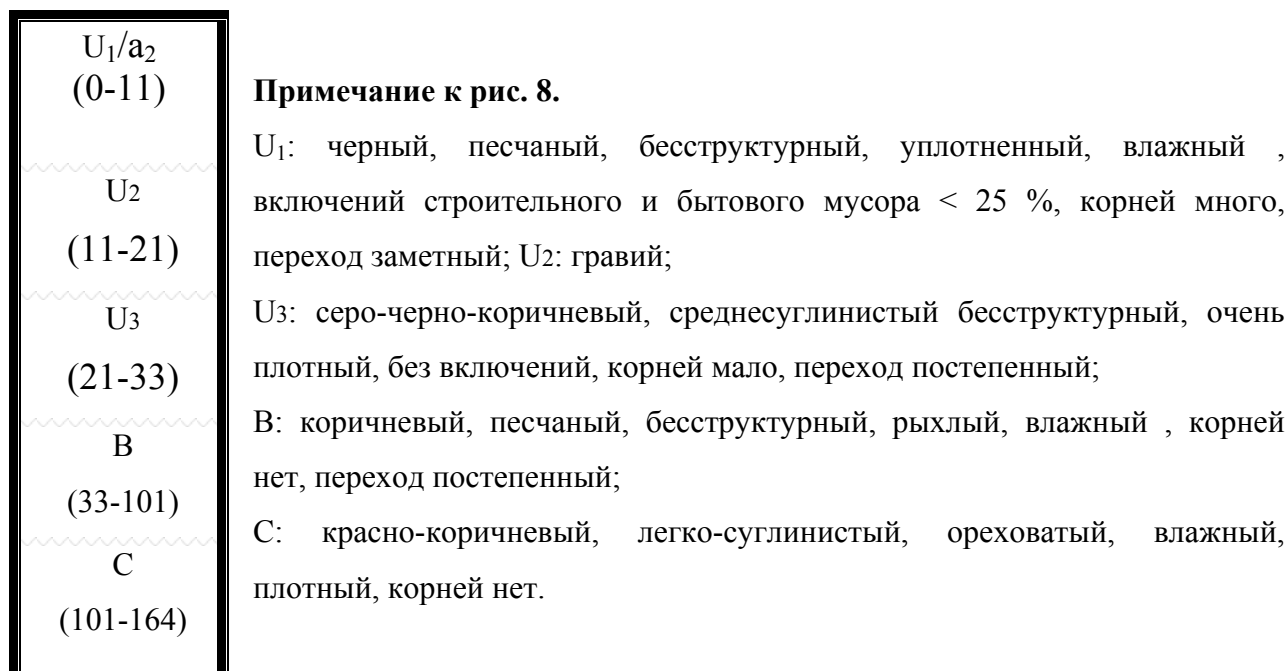
<b>Газон по ул.Чистякова, 46).</b>	
U <sub>1</sub> h/a <sub>1</sub> (0 -14)	<b>Примечание к рисунку 6.</b>
U <sub>2</sub>     / a <sub>1-2</sub> (14-26)	U <sub>1</sub> : черно-коричневый, бесструктурный, рыхлый, но с прослоями плотного красно-коричневого среднесуглинистого грунта, сформирован торфосмесью, корней средне, единичные включения бытового мусора, переход заметный;
U <sub>3</sub> / a <sub>2</sub> (26-46)	U <sub>2</sub> : красно-коричневый, супесчаный, бесструктурный, плотный, корней мало, включения бытового мусора единичные – 25 %, вскипает от HCl, переход заметный;
U <sub>4</sub> (46-66)	U <sub>3</sub> : светло-серокоричневый, легкосуглинистый, бесструктурный, плотный, сухой, включения гравия, гальки а <sub>2</sub> , корней нет, переход постепенный;
U <sub>5</sub> (66-127)	U <sub>4</sub> :серо-коричневый, плотный, песок+глина, сухой, без включений, корней нет, переход постепенный;
	U <sub>5</sub> :темно-серый, легко-суглинистый, очень плотный, сухой, включениякирпича а <sub>1</sub> , корней нет

**Блоки почв г. Камбарки.**

**Рис. 7. Пример профиля дерново-среднеподзолистой супесчаной мелкопесчанистой почвы (Разрез23, смешанный лес, г.Камбарка).**



**Рис. 8. Пример профиля урбанопочвы (Разрез 9. Ул. Гоголя,29, газон).**



**Рис. 9. Пример профиля урбанозема (Разрез 15. Урбанозем мощный. Ул. Ленина, двор школы №1. (Погребенная серая лесная почва)).**

$U_1/a_2$ (0-7)	<p><b>Примечание к рис. 9.</b></p> <p><math>U_1</math>: коричневый, супесчаный, перемешанный, бесструктурный, рыхлый, влажный, включения гальки &lt; 25%, мусора &gt;50%, корней нет, включения – галька (25-50 %), переход заметный;</p> <p><math>U_2</math>: черный, песчаный, бесструктурный, рыхлый, влажный, включения – галька, кирпич (до 25 %), корней нет, переход постепенный;</p> <p><math>U_3</math>: серый, песчаный, бесструктурный, плотный, влажный, включения гальки до 25%, корней нет, переход заметный;</p> <p><math>U_4</math>: коричневый, супесчаный, бесструктурный, плотный, влажный, корней мало, переход постепенный;</p> <p><math>A_1</math> : темно-серый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, корней много, переход постепенный;</p> <p><math>B</math>: коричневый, песчаный, бесструктурный, влажный, плотный, корней средне.</p>
$U_2/a_{2-4}$ (7-29)	
$U_3/a_1$ (29-58)	
$U_4$ (58-64)	
$A_1$ (64-86)	
$B$ (86-109)	

**Рис. 10. Пример профиля экранозема. (Разрез 16. Экранозем мощный. Пер. Комсомольский, 93).**

**Примечание к рис. 10.**

$U_1$ (0-31) асфальт	<p><math>U_1</math>-асфальт;</p> <p><math>U_2</math>: серо-коричневый, песчаный, бесструктурный, уплотненный, влажный, включения гальки аз, корней нет, переход постепенный;</p> <p><math>U_3</math>:черно-коричневый, песок+глина, бесструктурный плотный, сухой, включения гальки аз корней нет, переход заметный;</p> <p><math>U_4</math>: темно-серый, песчаный, бесструктурный, плотный, сухой, корней нет.</p>
$U_2/a_3$ (31-42)	
$U_3/a_3$ (42-62)	
$U_4$ (62-84)	

**Рис. 11. Профиль реплантозема перемешанно-насыпного мощного с маломощным гумусовым слоем (Разрез 12. Газон по ул. Ленина, 36).**

$U_1h/a_1$ (0 -11)
$U_2    / a_{1-2}$ (11-28)
$U_3/a_2$ (28-56)
$U_4$ (56-76)

**Примечание к рис. 11.**

$U_1$ : черный, бесструктурный, рыхлый, сформирован торфосмесью, корней средне, единичные включения бытового мусора, переход заметный;

$U_2$ : красно-коричневый, супесчаный, бесструктурный, плотный, корней мало, включения бытового мусора единичные – 25 %, вскипает от HCl, переход заметный;

$U_3$ : светло-коричневый, легкосуглинистый, бесструктурный, плотный, сухой, включения гравия, гальки  $a_2$ , корней нет, переход постепенный;

$U_4$ : серо-коричневый, плотный, песчаный, сухой, без включений, корней нет.

## Статистическая обработка данных.

Фоновые почвы для г. Сарапула (серые лесные почвы)

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сорг</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	6,005882	2,734706	29,55824	90,47059	6,517059	265,0765	260,5882
Стандартная ошибка	0,172454	0,496189	2,289128	1,684963	0,807198	39,56412	63,65244
Медиана	6,1	2,52	29,2	92	6,32	200	170
Мода	6	1,37	#Н/Д	98	6,32	487,5	130
Стандартное отклонение	0,711047	1,045841	9,438318	6,94728	2,328162	63,127	26,4457
Дисперсия выборки	0,505588	4,185464	89,08185	48,26471	11,07666	26610,43	68877,76
Эксцесс	-0,90218	6,078989	-0,3919	-0,05214	0,090898	-0,0279	11,37868
Асимметричность	-0,46062	2,220734	0,127059	-1,02371	0,381225	0,951973	3,178395
Интервал	2,3	8,47	33,86	21	12,32	555	380
Минимум	4,7	0,76	12,5	77	0,68	82,5	70
Максимум	7	9,23	46,36	98	13	637,5	450
Сумма	204,2	92,98	1004,98	3076	221,58	9012,6	8860
Счет	34	34	34	34	34	34	34

	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	2,5	545	63,30769	2310,038
Стандартная ошибка	0,033968	19,19869	5,604067	56,74703
Медиана	2,5	585	60	2250
Мода	2,5	590	50	2080
Стандартное отклонение	0,122474	69,22187	20,20575	204,6043
Дисперсия выборки	0,015	4791,667	408,2724	41862,94
Эксцесс	3,058586	-1,34905	0,564645	-1,13618
Асимметричность	-0,6433	-0,88386	1,122273	0,541472
Интервал	0,5	165	65	560
Минимум	2,2	440	40	2080
Максимум	2,7	605	105	2640
Сумма	65	14170	1646	60061
Счет	34	34	34	34

## Фоновые почвы для г. Камбарки (дерново-сильнопodzолистые почвы)

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>Сорг.</i>
Среднее	5,242857	4,042857	7,535	64,30571	31,92857	160,7143	5,478571
Стандартная ошибка	0,263684	0,361518	0,631088	1,870511	5,18712	13,63634	0,394074
Медиана	4,75	4,345	7,855	63,76	36	142,5	5,05
Мода	5,6	4,52	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	120	4,1
Стандартное отклонение	0,986614	1,352675	2,361316	6,998812	19,40842	51,02251	1,47449
Дисперсия выборки	0,973407	1,82973	5,575812	48,98336	3766,868	2603,297	2,174121
Экссесс	-1,2066	0,562244	0,166458	1,616039	-1,2907	0,35681	-0,87374
Асимметричность	0,632811	-0,87156	-0,68421	0,869872	-0,08185	1,074088	0,706032
Интервал	2,8	4,57	8,19	27,2	59	170	4,4
Минимум	4,1	1,28	2,26	54,05	3	100	3,9
Максимум	6,9	5,85	10,45	81,25	62	270	8,3
Сумма	196,8	153,2	280,98	1800,56	1194	4800	193,4
Счет	34	34	34	34	34	34	34

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Среднее	1267,857	392,8571	2,17	0
Стандартная ошибка	83,58833	23,93739	0	0
Медиана	2325	425	#Н/Д	0
Мода	1880	430	#Н/Д	0
Стандартное отклонение	312,7589	89,5655	0,622994	0
Дисперсия выборки	97818,13	8021,978	0,16956	0
Экссесс	0,255441	0,378537	-0,29381	#ДЕЛ/0!
Асимметричность	-0,02594	-1,13117	-0,39879	#ДЕЛ/0!
Интервал	1200	290	2	0
Минимум	1100	200	1	0
Максимум	1900	490	3	0
Сумма	78500	14000	80	0
Счет	34	34	34	34

## Фоновые растения для г. Сарапула

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	0,636364	138,3462	11	151,6538
Стандартная ошибка	0,055633	12,10827	0,912871	8,7432
Медиана	0,55	115,5	11,5	155
Мода	0,55	90	6	145
Стандартное отклонение	0,184514	43,65699	3,291403	31,52405
Дисперсия выборки	0,034045	1905,933	10,83333	993,766
Экссесс	-0,89206	-1,68271	-0,76552	-0,56884
Асимметричность	0,205859	0,448006	-0,20508	-0,16066
Интервал	0,6	110	10,5	105
Минимум	0,35	90	6	95
Максимум	0,95	200	16,5	200
Сумма	21	5395,5	429	5914,5

## Фоновые растения для г. Камбарки

	Fe	Mn	Cu	Zn
Среднее	466,6667	177,5	2,166667	24,16667
Стандартная ошибка	80,89774	43,89856	0,148137	3,632416
Медиана	460	140	2,1	25
Мода	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
Стандартное отклонение	140,119	26,03453	0,25658	6,291529
Дисперсия выборки	19633,33	5781,25	0,065833	39,58333
Экссесс	2,485108	-0,27619	1,39465	#ДЕЛ/0!
Асимметричность	0,213619	1,679536	1,090291	-0,58558
Интервал	280	137,5	0,5	12,5
Минимум	330	127,5	1,95	17,5
Максимум	610	265	2,45	30
Сумма	2400	832,5	36,5	242,5
Счет	17	17	17	17



**Статистическая обработка значений содержания ТМ в растениях  
разных видов г. Сарпула.**

*Tilia cordata.*

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	3,113043	98,23913	21,36957	379,9348
Стандартная ошибка	0,126648	6,567292	1,289291	26,35334
Медиана	3,2	90	22,5	338,5
Мода	2,45	80	20	355
Стандартное отклонение	0,607382	31,49562	6,18322	126,3862
Дисперсия выборки	0,368913	991,9743	38,23221	15973,46
Эксцесс	-0,01124	-1,34384	-0,94076	-1,50981
Асимметричность	-0,21971	0,179349	-0,18339	0,457549
Интервал	2,6	100	20	365
Минимум	1,7	45	10	200
Максимум	4,3	145	30	565
Сумма	86,6	2759,5	591,5	10738,5
Счет	48	48	48	48

*Betula pendula.*

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	1,254545	149,9318	116,3182	264,7727
Стандартная ошибка	0,098688	10,56378	8,025834	17,81785
Медиана	1,25	130	107,25	255
Мода	1,5	130	105,5	365
Стандартное отклонение	0,462887	49,54851	37,6445	83,57314
Дисперсия выборки	0,214264	2455,055	1417,108	6984,47
Эксцесс	2,211732	-1,06552	-0,42632	-1,34985
Асимметричность	0,944521	0,639308	0,418202	-0,09347
Интервал	2,1	150	130	240
Минимум	0,5	95	55	135
Максимум	2,6	245	185	375
Сумма	33,6	3998,5	3159	6825
Счет	47	47	47	47

*Acer negundo.*

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	1,5	149,8056	33,27778	290,8333
Стандартная ошибка	0,050971	8,866949	1,847195	15,42031
Медиана	1,575	157,5	31,25	285
Мода	1,6	150	45	285
Стандартное отклонение	0,216251	37,61928	7,836983	65,42283
Дисперсия выборки	0,046765	1415,21	61,4183	4280,147
Эксцесс	-0,89736	0,525275	-1,13363	0,253092
Асимметричность	-0,63802	-1,11192	0,067749	0,204
Интервал	0,65	125	25	245
Минимум	1,15	65	20	170
Максимум	1,8	190	45	415
Сумма	30	2996,5	655	5835
Счет	40	40	40	40

## Acer platanoides.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	7,58	259,55	53,25	167,5
Стандартная ошибка	0,654523	22,14089	3,810257	8,571594
Медиана	7,25	280,75	59	165
Мода	8,5	165	59	160
Стандартное отклонение	2,069783	70,01565	12,04909	27,10576
Дисперсия выборки	4,284	4902,192	145,1806	734,7222
Эксцесс	1,573798	-1,44293	0,898	-0,73495
Асимметричность	1,231374	-0,4642	-1,57635	-0,15953
Интервал	6,4	183,5	30,5	80
Минимум	5,8	165	31	125
Максимум	12,2	348,5	61,5	205
Сумма	286,8	8786,5	1797,5	6025
Счет	35	35	35	35

## Quercus robur.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	5,21	286,3	52,9	227,5
Стандартная ошибка	0,269341	20,21704	2,089391	21,60568
Медиана	5,2	301,5	55,75	222,5
Мода	5,2	325	59	#Н/Д
Стандартное отклонение	0,85173	63,93191	6,607235	68,32317
Дисперсия выборки	0,725444	4087,289	43,65556	4668,056
Эксцесс	-0,53871	0,050342	-1,2001	-1,01213
Асимметричность	0,271788	-0,62593	-0,72124	0,296069
Интервал	2,6	205,5	17	200
Минимум	4,1	178,5	42	145
Максимум	6,7	384	59	345
Сумма	517,75	9863	6520	7275
Счет	35	35	35	35

## Populus balsamifera.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	4,466667	28,16667	78,41667	246,6667
Стандартная ошибка	0,19669	1,991776	1,218285	21,91005
Медиана	4,45	28	79,5	287,5
Мода	3,6	31	82,5	315
Стандартное отклонение	0,681353	6,899715	4,220261	75,89866
Дисперсия выборки	0,464242	47,60606	17,81061	5760,606
Эксцесс	-0,85437	-0,85456	-1,09555	-1,5298
Асимметричность	-0,13964	0,189428	-0,58781	-0,62256
Интервал	2,1	21,5	12	185
Минимум	3,4	18	71	135
Максимум	5,5	39,5	83	320
Сумма	83,6	438	1341	3960
Счет	32	32	32	32

**Статистическая обработка значений содержания ТМ в растениях  
разных видов г. Камбарки.**

*Tilia cordata.*

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Среднее	432,75	75,025	2,425	20,6
Стандартная ошибка	31,44434	4,720821	0,082995	1,349756
Медиана	402,5	74,75	2,25	19,25
Мода	670	95	2,1	15
Стандартное отклонение	140,6234	21,11215	0,371165	6,036294
Дисперсия выборки	19774,93	445,723	0,137763	36,43684
Экссесс	-0,92177	-1,19066	-0,66984	-0,7295
Асимметричность	0,441028	0,169606	0,99543	0,652424
Интервал	415	67,5	1	20
Минимум	255	45	2,1	12
ёё	670	112,5	3,1	32
Сумма	8655	1500,5	48,5	412
Счет	21	21	21	21

*Betula pendula.*

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Среднее	400,6452	194,0323	2,326667	95,51613
Стандартная ошибка	23,36681	11,02885	0,071508	4,69222
Медиана	360	160	2,25	91,5
Мода	360	145	2,1	85
Стандартное отклонение	130,1009	61,40602	0,391666	26,12517
Дисперсия выборки	16926,24	3770,699	0,153402	682,5247
Экссесс	-0,87061	-1,55524	2,132667	-1,43129
Асимметричность	0,656942	0,46306	1,428478	0,10072
Интервал	425	167,5	1,7	80
Минимум	230	127,5	1,8	55
Максимум	655	295	3,5	135
Сумма	12420	6015	69,8	2961
Счет	32	32	32	32

*Acer negundo.*

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Среднее	437,3235	80,29412	1,929412	31,88235
Стандартная ошибка	34,71779	5,064122	0,069406	2,305895
Медиана	435	75	1,85	32
Мода	390	65	1,8	25
Стандартное отклонение	143,1451	20,87991	0,28617	9,507447
Дисперсия выборки	20490,53	435,9706	0,081893	90,39154
Экссесс	-0,57382	-1,32877	1,035442	-0,54768
Асимметричность	0,075817	0,175223	1,244368	0,278174
Интервал	460	65	1	33,5
Минимум	220	50	1,6	16,5
Максимум	680	115	2,6	50
Сумма	7434,5	1365	32,8	542
Счет	19	19	19	19

## Pinus sylvestris.

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Среднее	560	175	6,2	18,5
Стандартная ошибка	6,097498	7,03699	0,074248	0,487011
Медиана	560	170	6,2	18,5
Мода	550	170	6,2	18
Стандартное отклонение	21,98484	25,37223	0,267706	1,755942
Дисперсия выборки	483,3333	643,75	0,071667	3,083333
Эксцесс	0,429926	6,852304	-0,34615	-0,54083
Асимметричность	0,257195	2,385488	0,431194	-0,0955
Интервал	85	100	0,9	6
Минимум	520	150	5,8	15,5
Максимум	605	250	6,7	21,5
Сумма	7280	2275	80,6	240,5
Счет	15	15	15	15

## Picea excelsa.

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Среднее	383,1818	160,8182	3,909091	70,27273
Стандартная ошибка	9,469394	4,58519	0,062819	4,439678
Медиана	375	160	3,9	70
Мода	375	#Н/Д	3,9	70
Стандартное отклонение	31,40643	15,20735	0,208348	14,72475
Дисперсия выборки	986,3636	231,2636	0,043409	216,8182
Эксцесс	9,315412	-0,38925	7,924225	2,794938
Асимметричность	2,95658	0,673178	2,610239	-1,22801
Интервал	115	46,5	0,8	55
Минимум	360	143,5	3,7	35
Максимум	475	190	4,5	90
Сумма	4215	1769	43	773
Счет	13	13	13	13

**Статистическая обработка значений содержания ТМ в чистых и  
запыленных образцах листьев древесных пород г. Сарапула.**

Чистые образцы листьев.

*Acer platanoides.*

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	7,58	259,55	53,25	167,5
Стандартная ошибка	0,654523	22,14089	3,810257	8,571594
Медиана	7,25	280,75	59	165
Мода	8,5	165	59	160
Стандартное отклонение	2,069783	70,01565	12,04909	27,10576
Дисперсия выборки	4,284	4902,192	145,1806	734,7222
Эксцесс	1,573798	-1,44293	0,898	-0,73495
Асимметричность	1,231374	-0,4642	-1,57635	-0,15953
Интервал	6,4	183,5	30,5	80
Минимум	5,8	165	31	125
Максимум	12,2	348,5	61,5	205
Сумма	78,2	2674,5	576,5	1785
Счет	10	10	10	10

*Quercus robur.*

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	5,21	286,3	52,9	227,5
Стандартная ошибка	0,269341	20,21704	2,089391	21,60568
Медиана	5,2	301,5	55,75	222,5
Мода	5,2	325	59	#Н/Д
Стандартное отклонение	0,85173	63,93191	6,607235	68,32317
Дисперсия выборки	0,725444	4087,289	43,65556	4668,056
Эксцесс	-0,53871	0,050342	-1,2001	-1,01213
Асимметричность	0,271788	-0,62593	-0,72124	0,296069
Интервал	2,6	205,5	17	200
Минимум	4,1	178,5	42	145
Максимум	6,7	384	59	345
Сумма	57,2	2638	538	2165
Счет	10	10	10	10

*Populus balsamifera.*

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	4,466667	28,16667	78,41667	246,6667
Стандартная ошибка	0,19669	1,991776	1,218285	21,91005
Медиана	4,45	28	79,5	287,5
Мода	3,6	31	82,5	315
Стандартное отклонение	0,681353	6,899715	4,220261	75,89866
Дисперсия выборки	0,464242	47,60606	17,81061	5760,606
Эксцесс	-0,85437	-0,85456	-1,09555	-1,5298
Асимметричность	-0,13964	0,189428	-0,58781	-0,62256
Интервал	2,1	21,5	12	185
Минимум	3,4	18	71	135
Максимум	5,5	39,5	83	320
Сумма	53,6	338	941	2960
Счет	10	10	10	10

## Betula pendula.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	8,15	55,1	79,75	163,7
Стандартная ошибка	0,563176	3,769615	4,031301	11,98708
Медиана	8	55,25	82,25	168,75
Мода	#Н/Д	#Н/Д	82,5	#Н/Д
Стандартное отклонение	1,780917	11,92057	12,74809	37,90646
Дисперсия выборки	3,171667	142,1	162,5139	1436,9
Эксцесс	-0,56474	-0,67075	0,50455	-1,64027
Асимметричность	0,38624	-0,18727	-0,16763	-0,10501
Интервал	5,7	38	45,5	102,5
Минимум	5,6	35	56,5	110
Максимум	11,3	73	102	212,5
Сумма	85	562	786,5	1683
Счет	10	10	10	10

## Запыленные образцы листьев.

## Acer platanoides.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	8,488889	280,6111	54,94444	282,8333
Стандартная ошибка	0,765478	17,52474	2,492272	28,49415
Медиана	8,6	280	56,5	285
Мода	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
Стандартное отклонение	2,296434	52,57422	7,476816	85,48245
Дисперсия выборки	5,273611	2764,049	55,90278	7307,25
Эксцесс	-1,28587	0,47106	0,033957	-0,07893
Асимметричность	-0,0136	-0,03882	-0,57353	0,293531
Интервал	6,5	178	24	275
Минимум	5	187,5	41	160
Максимум	11,5	365,5	65	435
Сумма	76,4	2525,5	494,5	2545,5
Счет	10	10	10	10

## Quercus robur.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	5,276923	286,5	56,5	526,6923
Стандартная ошибка	0,205112	16,19542	4,281744	23,38594
Медиана	5,4	263,5	54	530
Мода	5,4	#Н/Д	79,5	590
Стандартное отклонение	0,739542	58,39342	15,43805	84,31922
Дисперсия выборки	0,546923	3409,792	238,3333	7109,731
Эксцесс	-1,32446	-1,24518	-1,138	0,029215
Асимметричность	-0,16033	0,567813	0,266113	-0,75417
Интервал	2,1	169,5	43,5	275
Минимум	4,2	213	36	365
Максимум	6,3	382,5	79,5	640
Сумма	68,6	3724,5	734,5	6847
Счет	10	10	10	10

## Populus balsamifera.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	4,466667	46,16667	78,75	255,8333
Стандартная ошибка	0,313179	4,172118	1,987175	38,6556
Медиана	4,45	40,75	79	277,5
Мода	5,2	#Н/Д	82,5	#Н/Д
Стандартное отклонение	1,084882	14,45264	6,883775	133,9069
Дисперсия выборки	1,17697	208,8788	47,38636	17931,06
Экссесс	-0,99295	-0,19215	-0,83968	-0,98024
Асимметричность	0,236411	0,946791	-0,31641	-0,42711
Интервал	3,2	44	21,5	400
Минимум	3	31	67	35
Максимум	6,2	75	88,5	435
Сумма	53,6	554	945	3070
Счет	10	10	10	10

## Betula pendula.

	Cu	Mn	Zn	Fe
Среднее	9,11	96,55	88,4	202,55
Стандартная ошибка	0,433961	7,552207	2,87885	8,265877
Медиана	9,1	88,75	86,25	198
Мода	9,6	84	#Н/Д	242
Стандартное отклонение	1,372305	23,88218	9,103723	26,139
Дисперсия выборки	1,883222	570,3583	82,87778	683,2472
Экссесс	-0,57712	8,427757	2,777666	-0,75358
Асимметричность	0,36483	2,830791	1,429353	0,346756
Интервал	4,2	79	33	74,5
Минимум	7,3	83,5	76,5	167,5
Максимум	11,5	162,5	109,5	242
Сумма	93,2	957,5	896	2047,5
Счет	10	10	10	10

**Статистическая обработка значений содержания ТМ в чистых и  
запыленных образцах листьев древесных пород г. Камбарки.**

Чистые образцы листьев.

*Acer negundo.*

	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	35,36364	2,040909	83,72727	395,4545
Стандартная ошибка	3,013674	0,13896	8,532388	33,72654
Медиана	35	1,85	85	420
Мода	32	1,8	55	#Н/Д
Стандартное отклонение	9,995226	0,460879	28,29873	111,8583
Дисперсия выборки	99,90455	0,212409	800,8182	12512,27
Экссесс	0,150212	3,607412	0,772984	-0,83694
Асимметричность	-0,16455	1,849272	0,836189	-0,4742
Интервал	35,5	1,6	95	330
Минимум	16,5	1,6	50	220
Максимум	52	3,2	145	550
Сумма	389	22,45	921	4350
Счет	11	11	11	11

*Tilia cordata.*

	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	18,6	2,55	72,6	467
Стандартная ошибка	1,794745	0,147007	7,699856	45,4068
Медиана	17,75	2,55	68	447,5
Мода	18,5	2,2	45	670
Стандартное отклонение	5,675483	0,464878	24,34908	143,5889
Дисперсия выборки	32,21111	0,216111	592,8778	20617,78
Экссесс	1,553023	-1,41174	-1,03474	-1,17387
Асимметричность	1,283388	-0,18248	0,518177	0,223573
Интервал	19	1,3	67,5	415
Минимум	12	1,8	45	255
Максимум	31	3,1	112,5	670
Сумма	198	27,5	747	4780
Счет	10	10	10	10

*Betula pendula.*

	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	486,5	152,75	2,395	76,9
Стандартная ошибка	47,10538	10,9573	0,156605	6,968899
Медиана	550	142,5	2,3	71,75
Мода	580	162,5	3,05	60
Стандартное отклонение	148,9603	34,65004	0,495227	22,03759
Дисперсия выборки	22189,17	1200,625	0,24525	485,6556
Экссесс	-0,96785	6,77996	-1,52028	3,450132
Асимметричность	-0,33509	2,47909	0,4554	1,698679
Интервал	365	117,5	1,2	75
Минимум	290	127,5	1,85	55
Максимум	655	245	3,05	130
Сумма	4945	1567,5	24,5	771
Счет	10	10	10	10



## Picea excelsa.

	Zn	Cu	Mn	Fe
Среднее	70,27273	3,909091	160,8182	383,1818
Стандартная ошибка	4,439678	0,062819	4,58519	9,469394
Медиана	70	3,9	160	375
Мода	70	3,9	#Н/Д	375
Стандартное отклонение	14,72475	0,208348	15,20735	31,40643
Дисперсия выборки	216,8182	0,043409	231,2636	986,3636
Эксцесс	2,794938	7,924225	-0,38925	9,315412
Асимметричность	-1,22801	2,610239	0,673178	2,95658
Интервал	55	0,8	46,5	115
Минимум	35	3,7	143,5	360
Максимум	90	4,5	190	475
Сумма	783	47	1769	4215
Счет	11	11	11	11

## Pinus sylvestris.

	Zn	Cu	Mn	Fe
Среднее	18,5	6,2	175	560
Стандартная ошибка	0,450884	0,068741	6,514987	5,645187
Медиана	18,5	6,2	170	560
Мода	18,5	6,2	175	550
Стандартное отклонение	1,687055	0,257204	24,37685	21,12235
Дисперсия выборки	2,846154	0,066154	594,2308	446,1538
Эксцесс	-0,31337	-0,11058	7,387816	0,69784
Асимметричность	-0,09812	0,443047	2,451063	0,264265
Интервал	6	0,9	100	85
Минимум	15,5	5,8	150	520
Максимум	21,5	6,7	250	605
Сумма	259	86,8	2450	7840
Счет	14	14	14	14

## Запыленные образцы листьев.

## Acer negundo.

	Zn	Cu	Mn	Fe
Среднее	38,22727	2,186364	93,45455	410
Стандартная ошибка	3,323719	0,138349	9,106804	33,04267
Медиана	38	2,1	95	425
Мода	#Н/Д	1,9	#Н/Д	#Н/Д
Стандартное отклонение	11,02353	0,458852	30,20385	109,5901
Дисперсия выборки	121,5182	0,210545	912,2727	12010
Эксцесс	0,517597	1,858581	0,932702	-0,84246
Асимметричность	0,037976	1,294577	1,007461	-0,47436
Интервал	40,5	1,55	100	330
Минимум	18	1,7	60	235
Максимум	58,5	3,25	160	565
Сумма	420,5	24,05	1028	4510
Счет	11	11	11	11

## Tilia cordata.

	Zn	Cu	Mn	Fe
Среднее	22,7	2,705	75,9	479,5
Стандартная ошибка	2,421203	0,133219	7,846018	45,45724
Медиана	19,25	2,675	69,25	457,5
Мода	17,5	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
Стандартное отклонение	7,656515	0,421275	24,81129	143,7484
Дисперсия выборки	58,62222	0,177472	615,6	20663,61
Экссесс	-1,44936	-0,21027	-1,19429	-1,16344
Асимметричность	0,570097	-0,61134	0,611216	0,306913
Интервал	21	1,3	66	415
Минимум	14	1,9	49	275
Максимум	35	3,2	115	690
Сумма	235	26,9	764	4789
Счет	10	10	10	10

## Betula pendula.

	Zn	Cu	Mn	Fe
Среднее	499	157,2	2,49	79,9
Стандартная ошибка	47,62002	10,85618	0,164789	6,74858
Медиана	560	147,5	2,4	74,5
Мода	#Н/Д	#Н/Д	2,5	70
Стандартное отклонение	150,5877	34,33026	0,52111	21,34088
Дисперсия выборки	22676,67	1178,567	0,271556	455,4333
Экссесс	-0,95886	6,520389	-1,44434	3,899155
Асимметричность	-0,32151	2,415787	0,478057	1,753785
Интервал	375	118	1,3	76
Минимум	295	130	1,9	56
Максимум	670	248	3,2	132
Сумма	4987	1601	25,1	798
Счет	10	10	10	10

## Picea excelsa.

	Zn	Cu	Mn	Fe
Среднее	74,72727	3,990909	177,9091	409,0909
Стандартная ошибка	4,310855	0,067359	5,60593	10,74113
Медиана	75	3,95	174	395
Мода	75	4	180	385
Стандартное отклонение	14,29749	0,223403	18,59276	35,6243
Дисперсия выборки	204,4182	0,049909	345,6909	1269,091
Экссесс	3,226626	6,289988	3,943197	1,099695
Асимметричность	-1,24395	2,259438	1,687016	1,392577
Интервал	55	0,85	70	115
Минимум	40	3,75	155	370
Максимум	95	4,6	225	485
Сумма	822	43,9	1957	4500
Счет	11	11	11	11

## Pinus sylvestris.

	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	24,29167	6,366667	197,125	605
Стандартная ошибка	1,351848	0,095015	8,782327	19,2472
Медиана	24	6,325	195	585
Мода	21	6,3	195	585
Стандартное отклонение	4,68294	0,32914	30,42287	66,67424
Дисперсия выборки	21,92992	0,108333	925,5511	4445,455
Экссесс	-1,1541	-0,20182	7,349949	3,580105
Асимметричность	0,31815	0,211443	2,363345	1,903311
Интервал	14	1,05	125	245
Минимум	18	5,85	160	530
Максимум	32	6,9	285	775
Сумма	291,5	76,4	2365,5	7260
Счет	12	12	12	12

**Результаты статистической обработки данных.  
Статистическая обработка данных почв разной степени нарушенности  
г. Сарапула.**

**Урбаноземы.**

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Cop<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	7,196296	0,64037	35,86111	97	4,104074	302,2111	195,18519
Стандартная ошибка	0,058344	0,043348	2,207967	0,636049	0,129562	22,79783	17,018679
Медиана	7,3	0,63	36,5	98	4,05	287,5	180
Мода	7,3	0,43	47,7	99	3,82	275	190
Стандартное отклонение	0,303165	0,225243	11,47294	3,305008	0,673226	118,461	88,43165
Дисперсия выборки	0,091909	0,050734	131,6282	10,92308	0,453233	14033	7820,1567
Эксцесс	0,52263	-1,49931	0,814588	8,725473	0,346501	0,537427	0,2966725
Асимметричность	-1,07105	0,214277	-1,03287	-2,70626	-0,01865	0,674439	0,7240581
Интервал	1,1	0,65	43,74	15	3	475	315
Минимум	6,5	0,31	3,96	84	2,46	125	55
Максимум	7,6	0,96	47,7	99	5,46	600	370
Сумма	1943	172,9	9682,5	26190	1108,1	8159,7	5270
Счет	270	270	270	270	270	270	270

	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	9,833333	303,7037	114,0741	2104,259
Стандартная ошибка	0,546942	20,49702	5,761382	116,8316
Медиана	10	340	115	2080
Мода	12	370	95	1760
Стандартное отклонение	2,841993	106,5056	29,93702	607,0748
Дисперсия выборки	8,076923	11343,45	896,2251	368539,8
Эксцесс	-0,69717	-0,64532	0,295231	0,7142
Асимметричность	0,264201	-0,23767	0,658947	0,444604
Интервал	11	415	125	2840
Минимум	5	75	60	840
Максимум	16	490	185	3680
Сумма	2655	82000	30800	568150
Счет	270	270	270	270

## Естественные почвы

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сорс</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	6,16875	1,93	33,09	93,78	77,21	37	6,17
Стандартная ошибка	0,174941	0,174151	1,251133	0,656723	0,65178	172,9908	8,2545711
Медиана	6,5	1,8	31,65	94,5	6,215	343,75	25,75
Мода	7,1	1,34	27,12	97	6,32	150	25
Стандартное отклонение	1,212024	1,206555	8,668105	4,54991	4,420585	1198,516	57,189346
Дисперсия выборки	1,469003	1,455774	75,13605	20,70168	19,54158	1436440	3270,6213
Эксцесс	8,37007	0,64937	0,36418	1,83237	4,218111	7,35746	10,718108
Асимметричность	-2,27306	0,863095	-0,4073	-1,34804	1,421075	2,581993	3,0208361
Интервал	7,4	5,5	38,7	21	23,73	5600	315
Минимум	0,6	0,23	8	78	0,1	25	0
Максимум	8	5,73	46,7	99	23,83	5625	315
Сумма	1184,4	388,24	4736,4	13485	848,73	127396,25	64125
Счет	152	152	152	152	152	152	152

	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	14,12	404,78	110,43	2346,74
Стандартная ошибка	1,51482	10,095015	18,782327	19,2472
Медиана	14	406,325	125	2585
Мода	11	406,3	125	2585
Стандартное отклонение	3,8294	10,32914	30,42687	66,67424
Дисперсия выборки	21,92992	10833,3	92555,11	464545,5
Эксцесс	-1,1541	-0,40182	8,349949	5,58105
Асимметричность	0,31815	0,11643	2,36335	1,964311
Интервал	14	181,05	125	2045
Минимум	12	325,85	60	1730
Максимум	26	506,9	285	3775
Сумма	2191,5	76,4	16795,36	7260
Счет	152	152	152	152

## Горизонт А1

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сорз</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	6,530435	1,947391	36,654783	94,26087	8,35	656,361	354,3
Стандартная ошибка	0,12937	0,199205	1,7717665	0,9497605	0,982445	160,8526	144,198
Медиана	6,5	1,63	38,6	95	7,66	487,5	375
Мода	6,5	0,8	45,5	97	6,32	1037,5	325
Стандартное отклонение	0,620436	0,955354	8,4970936	4,5548914	4,608077	1251,005	69,15495
Дисперсия выборки	0,384941	0,912702	72,200599	20,747036	21,23437	15650,4	4782,407
Экссесс	2,643043	-0,90967	1,3793124	7,0894435	5,390406	7,865881	8,733246
Асимметричность	-1,33049	0,291637	-1,119947	-2,410469	1,686302	2,560963	2,838653
Интервал	2,8	3,5	34,2	21	22,28	5510	305
Минимум	4,7	0,32	12,5	78	1,55	115	110
Максимум	7,5	3,82	46,7	99	23,83	5625	415
Сумма	225,3	67,185	1264,59	3252	277,55	364464,5	20025
Счет	38	38	38	38	38	38	38

## Горизонт U1.

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сорз</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	7,18	0,646	39,089	98	4,471	770	285
Стандартная ошибка	0,067987	0,06605	2,152349	0,210819	0,215528	352,8941	25,26526
Медиана	7,25	0,605	41,765	98	4,505	751,25	277,5
Мода	7,3	#Н/Д	#Н/Д	98	3,82	#Н/Д	190
Стандартное отклонение	0,214994	0,20887	6,806325	0,666667	0,681558	111,5949	79,89577
Дисперсия выборки	0,046222	0,043627	46,32605	0,444444	0,464521	12453,42	6383,333
Экссесс	1,741319	-1,54397	-1,82432	0,080357	-1,55505	-0,02248	-1,28983
Асимметричность	-1,27128	0,338345	-0,26684	0	0,190588	1,068073	0,019812
Интервал	0,7	0,58	17,4	2	1,84	325	180
Минимум	6,7	0,38	30,3	97	3,62	575	190
Максимум	7,4	0,96	47,7	99	5,46	900	370
Сумма	344,64	31,1	1876,272	980	4704	2610,8	13200
Счет	48	48	48	48	48	48	48

## Горизонт Uh.

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сорг</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	6,998333	0,603333	45,5625	97,66667	9,01	706,5	360
Стандартная ошибка	0,162489	0,051554	1,849569	0,333333	0,373985	19,2129	14,4877
Медиана	7,05	0,66	47,8	97,5	6,515	287,	257,
Мода	6,8	0,67	47,8	97	#Н/Д	275	265
Стандартное отклонение	0,398016	0,12628	4,530501	0,816497	0,916071	48,5205	35,3706
Дисперсия выборки	0,158417	0,015947	20,52544	0,666667	0,839187	235,302	12700
Экссесс	-1,15565	5,263951	5,248173	-0,3	-0,24107	4,328083	2,096379
Асимметричность	-0,57581	-2,2745	-2,27655	0,857321	1,155182	2,053656	0,591594
Интервал	1,01	0,32	11,325	2	2,23	126,	110
Минимум	6,39	0,35	36,475	97	8,21	275	210
Максимум	7,4	0,67	47,8	99	10,44	401,6	320
Сумма	188,955	16,29	123,188	2637	187,2	242755	9020
Счет	26	26	26	26	26	26	26

## Урбанотехноземы (реплантоземы)

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Copg</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	7,27	0,51	21,87	98,29	6,261429	309,9	2327,9
Стандартная ошибка	0,113067	0,139241	4,484904	0,276385	0,507657	98,5966	43,7776
Медиана	7,35	0,45	42,2	98,25	4,615	16,8	240
Мода	7,5	0,45	47,8	99	4,26	#Н/Д	#Н/Д
Стандартное отклонение	0,391675	0,461809	15,53616	0,829156	1,435871	327,487	144,627
Дисперсия выборки	0,153409	0,213267	241,3724	0,6875	2,061727	107288,	20985,1
Эксцесс	1,732339	-0,14735	1,370134	-1,08264	3,521966	0,751124	-0,207283
Асимметричность	-1,22129	1,07037	-1,56534	-0,63435	1,899888	1,384665	0,154451
Интервал	1,41	1,37	44,82	2	4,18	908,	480
Минимум	6,39	0,23	2,98	97	4,26	38	10
Максимум	7,8	1,6	47,8	99	8,44	912,	490
Сумма	876,6	742	4305,43	8842,5	4217,143	325018	25488,
Счет	120	120	120	120	120	120	120

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	303,125	155	2352	19,5
Стандартная ошибка	30,73111	25,98076	168,8507	8,371579
Медиана	303,125	155	2320	19,5
Мода	225	#Н/Д	2120	#Н/Д
Стандартное отклонение	92,19333	45	560,0143	14,5
Дисперсия выборки	8499,609	20250	313616	210,25
Эксцесс	-1,11293	#ДЕЛ/0!	2,631623	#ДЕЛ/0!
Асимметричность	-0,06298	0	1,224896	0
Интервал	280	235	2100	29
Минимум	160	115	1580	5
Максимум	440	350	3680	34
Сумма	27281,5	10600	258720	2340
Счет	120	120	120	120



## Урбанопочвы

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сорг</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	6,5	1,85	21,14775	95,46	1,67119	16,7	31,02381
Стандартная ошибка	0,024321	0,055778	0,254786	0,711767	0,023576	0,63678	1,264194
Медиана	7,1	1,365	21,1525	93,365	1,67	24,34	31
Мода	7,1	2,23	19,6	#Н/Д	1,67	20,35	30,5
Стандартное отклонение	0,108767	0,349647	1,139436	1,834587	0,108038	2,918093	5,793264
Дисперсия выборки	0,01183	0,62224	1,298314	3,725885	0,011672	8,515269	33,5619
Экспесс	-0,31064	6,01017	-0,4567	3,15321	-0,62738	-0,05876	1,547634
Асимметричность	-0,74029	2,202864	0,026518	1,915224	-0,12867	0,255224	0,801785
Интервал	1,15	1,05	4,255	4,87	0,41	11,2	24
Минимум	6,05	1,23	19,145	93,21	1,46	19,8	23
Максимум	7,2	2,28	23,4	98,08	1,87	31	47
Сумма	141,15	226	422,955	11874,22	35,095	506,99	651,5
Счет	120	120	120	120	120	120	120

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	385,67	112,32	2254,82	12,38
Стандартная ошибка	19,434653	15,728379	93,120761	1,8821326
Медиана	400	170	2460	16
Мода	370	170	2350	14
Стандартное отклонение	76,13069	27,81916	346,6516	2,450168
Дисперсия выборки	7563,8816	1666,51316	163472,14	18,563158
Экспесс	-0,9146369	-0,284052	0,189188	-2,0361354
Асимметричность	0,1406081	0,738893	0,403669	-0,304033
Интервал	295	145	1410	13
Минимум	275	45	2070	6
Максимум	570	180	3460	19
Сумма	47276	13478,4	270578,6	1569
Счет	120	120	120	120

## Экраноземы

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сор<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	7,202727	0,424	26,00223	97,64	2,69	139,9	244,725
Стандартная ошибка	0,089601	0,020546	0,831209	0,626427	0,084826	11,72187	14,2168
Медиана	7,2	0,41	17,3285	99	3	213,25	295
Мода	7,6	0,33	21	99	2,7	300	390
Стандартное отклонение	0,514716	0,129947	5,257029	0,947234	0,536487	74,13562	89,91491
Дисперсия выборки	0,264933	0,016886	27,63635	0,994674	0,287818	5496,09	8084,692
Эксцесс	-0,4497	-0,9677	-1,47148	1,872195	0,606504	-0,89669	0,166293
Асимметричность	-0,75614	0,463927	-0,37759	-1,54912	1,089184	0,207489	-0,78776
Интервал	1,7	0,45	15,03	3	1,06	26,27	33,5
Минимум	6	0,23	7,87	96	2,5	100	60
Максимум	7,7	0,68	22,9	99	3,56	362,7	395
Сумма	234,39	16,96	648,489	13769,65	124,66	880,825	1136,1
Счет	141	141	141	141	141	141	141

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	241,12	91,03	2032,12	11,79
Стандартная ошибка	9,19694	15,604067	66,4703	4,03968
Медиана	285	90	2150	12,5
Мода	290	80	2070	12,5
Стандартное отклонение	34,21847	22,20575	208,6434	3,122474
Дисперсия выборки	4711,637	468,2724	41662,94	0,755
Эксцесс	-1,49065	0,64645	-2,14618	3,58586
Асимметричность	-0,68386	1,122273	0,414672	-0,3433
Интервал	165	105	560	16,5
Минимум	240	40	2010	4,2
Максимум	405	145	2540	20,7
Сумма	33998,65	12835,69	286528,64	1665,29
Счет	141	141	141	141

**Статистическая обработка данных почв разной степени нарушенности  
г. Камбарки.**

**Экраноземы**

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>Сор<sub>г</sub></i>
Среднее	6,5	0,492857	13,24	90,82857	443,143	132,571	1,814286
Стандартная ошибка	0,090177	0,016819	0,448558	1,91976	15,5409	6,0823	0,15077
Медиана	6,6	0,52	14	95,05	443	130	1,8
Мода	6,3	0,54	14,76	96,47	424	110	2
Стандартное отклонение	0,337411	0,062932	1,678351	7,183084	57,2391	25,4825	0,564129
Дисперсия выборки	0,113846	0,00396	2,816862	51,59669	3343,04	668,319	0,318242
Эксцесс	-0,66461	-1,65386	-1,5817	-0,68054	0,423857	-0,28028	0,326067
Асимметричность	-0,61678	-0,43843	-0,35061	-0,87644	-0,47978	0,629942	0,782142
Интервал	1	0,16	4,5	19,04	194	80	1,8
Минимум	5,9	0,4	10,76	77,78	336	100	1,1
Максимум	6,9	0,56	15,26	96,82	530	180	2,9
Сумма	546	42	1112,36	7629,6	37272	11160	152,4
Счет	84	84	84	84	84	84	84

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	95,71429	13,5	1842,857	1,571429
Стандартная ошибка	7,963811	0,716754	155,3317	0,13027
Медиана	95	14	1675	1,5
Мода	70	16	1500	1,1
Стандартное отклонение	29,79785	2,681848	581,1981	0,487424
Дисперсия выборки	887,9121	7,192308	337791,2	0,237582
Эксцесс	-0,39793	-0,29734	-1,05335	-1,16208
Асимметричность	0,039042	-0,73977	0,332	0,402254
Интервал	110	9	1860	1,5
Минимум	40	8	900	1
Максимум	150	17	2760	2,5
Сумма	8040	1134	154800	132
Счет	84	84	84	84

## Пойменные почвы.

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>Сор<sub>г</sub></i>
Среднее	5,845455	1,115455	24,02727	94,64455	638,727	267,727	4,727273
Стандартная ошибка	0,185553	0,090064	1,0983	0,928726	34,7122	11,4877	0,20275
Медиана	6,1	1,2	22,62	95,61	590	250	4,9
Мода	6,2	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	250	5,1
Стандартное отклонение	0,615408	0,298709	3,64265	3,080235	115,547	37,7128	0,672445
Дисперсия выборки	0,378727	0,089227	13,2689	9,487847	13376,2	1441,18	0,452182
Эксцесс	-1,61908	-1,67013	-1,43257	6,289118	-0,54724	-1,09951	4,225183
Асимметричность	0,03331	0,018248	0,244103	-2,31174	0,790127	0,592027	-1,95641
Интервал	1,8	0,83	10,1	11,36	330	110	2,4
Минимум	5	0,73	19,4	86,23	510	220	3
Максимум	6,8	1,56	29,5	97,59	840	330	5,4
Сумма	257,2	49,08	1057,2	4164,36	28081	11760	208
Счет	44	44	44	44	44	44	44

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	640,9091	13,10909	2405,455	3,636364
Стандартная ошибка	35,7378	0,837904	54,87778	0,309625
Медиана	640	12	2460	4
Мода	770	12	2400	4
Стандартное отклонение	118,5289	2,779012	182,009	1,026911
Дисперсия выборки	14049,09	7,722909	33127,27	1,054545
Эксцесс	-0,40321	4,009859	0,22911	2,283492
Асимметричность	0,09878	1,797045	-1,04935	0,906636
Интервал	400	9,8	540	4
Минимум	440	10,4	2060	2
Максимум	840	20,2	2600	6
Сумма	28200	576,8	105840	160
Счет	44	44	44	44

## Урбаноземы

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>Сор<sub>г</sub></i>
Среднее	6,1156	0,862778	19,25333	94,93306	400,25	187,167	4,508333
Стандартная ошибка	0,155172	0,047843	1,031227	0,594084	11,7259	9,9831	0,175408
Медиана	6,2	0,775	16,88	95,535	39,,	170	4,6
Мода	6,6	0,6	15,5	93,48	398	145	5,4
Стандартное отклонение	0,931035	0,28706	6,187362	3,564501	68,3556	58,8988	1,052446
Дисперсия выборки	0,866825	0,082403	38,28345	12,70567	4656,91	3456,5	1,107643
Эксцесс	1,127846	-1,39424	-0,88665	3,038795	1,32951	5,612318	-0,96065
Асимметричность	-1,01231	0,321115	0,707575	-1,37193	0,497921	1,932105	0,305491
Интервал	4	0,92	19,74	16,62	358	305	3,9
Минимум	3,4	0,43	11,76	82,46	242	115	3
Максимум	7,4	1,35	31,5	99,08	600	420	6,9
Сумма	1099	155,3	3465,6	17087,6	72112,	33825	811,5
Счет	125	125	125	125	125	125	125

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	216,4	21,94	2189,4	2,466
Стандартная ошибка	8,028699	0,672879	70,51496	0,042399
Медиана	210	22	2150	2,45
Мода	210	24	2300	2,3
Стандартное отклонение	40,14349	3,364397	352,5748	0,211994
Дисперсия выборки	1611,5	11,31917	124309	0,044942
Эксцесс	-0,63762	-1,35431	0,921193	-0,88547
Асимметричность	0,689148	0,164748	0,668375	-0,20976
Интервал	130	10,5	1400	0,7
Минимум	160	17,5	1620	2,1
Максимум	290	28	3020	2,8
Сумма	27050	2742,5	273675	308,35
Счет	125	125	125	125

## Реплантоземы

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>Сор<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>
Среднее	7,11296	0,6202	32,17111	98,11	5,124074	281,1411	189,8191
Стандартная ошибка	0,181	0,03346	2,07967	0,696049	0,195662	12,97683	14,01879
Медиана	7,2	0,63	34,5	98	5,05	267,5	180
Мода	7,3	0,43	44,7	99	4,82	275	190
Стандартное отклонение	0,303165	0,25246	11,42494	3,35008	1,73226	111,621	84,3165
Дисперсия выборки	0,091909	0,03784	1343,6824	10,9238	0,534633	12133	6820,1467
Эксцесс	0,52263	-0,49431	0,14588	6,75473	0,465601	1,537427	0,6679525
Асимметричность	-1,07105	0,42747	-1,32847	-2,72663	-0,18265	0,743439	0,2450581
Интервал	1,1	0,65	16,74	12	3	375	310
Минимум	6,4	0,32	31,96	87	3,46	125	50
Максимум	7,5	0,97	48,7	99	6,46	500	360
Сумма	575,91	50,22	2605,77	7946,81	414,72	22772,34	15375,3471
Счет	81	81	81	81	81	81	81

	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>
Среднее	16,2	215,836	49	2162,52
Стандартная ошибка	0,46942	20,70122	1,613482	114,316
Медиана	16	220	45	2060
Мода	14	220	50	1740
Стандартное отклонение	2,419493	86,2556	21,3702	517,048
Дисперсия выборки	10,07923	11643,45	696,2541	366539,6
Эксцесс	-0,67147	-0,4532	0,252731	0,7422
Асимметричность	0,642101	-0,37267	0,694127	0,449604
Интервал	11	325	15	2840
Минимум	8	75	40	840
Максимум	19	390	55	3680
Сумма	1312,2	17482,716	3969	175164,62
Счет	81	81	81	81

## Урбанопочвы

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>Сор<sub>г</sub></i>
Среднее	5,55	1,532	18,646	92,272	183,7	219	4,01
Стандартная ошибка	0,337062	0,133173	1,745167	1,229412	10,82492	11,42123	0,275056
Медиана	5,85	1,48	17,91	92,915	187,5	225	3,85
Мода	#Н/Д	#Н/Д	25	#Н/Д	#Н/Д	180	3,5
Стандартное отклонение	1,065885	0,421131	5,518704	3,887741	34,2314	36,11709	0,869802
Дисперсия выборки	1,136111	0,177351	30,45609	15,11453	1171,789	1304,444	0,756556
Эксцесс	-1,0975	-1,06486	-1,52051	0,277747	-0,82721	-1,12524	0,249875
Асимметричность	-0,58906	-0,08641	0,235885	-1,0212	-0,26861	-0,3634	0,994245
Интервал	2,9	1,24	15,34	11,55	102	105	2,7
Минимум	3,9	0,83	11,26	84,6	133	160	2,9
Максимум	6,8	2,07	26,6	96,15	235	265	5,6
Сумма	166,5	45,96	559,38	2768,16	5511	6570	120,3
Счет	30	30	30	30	30	30	30

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	340,01	7,54	2078,021	0,213
Стандартная ошибка	15,378	0,3904	34,26778	0,00625
Медиана	340	7	2160	0,4
Мода	370	8	2080	0,4
Стандартное отклонение	78,2819	2,179012	162,009	0,0026911
Дисперсия выборки	14149,09	4,72949	31127,17	1,014545
Эксцесс	-0,43211	2,00859	0,29161	1,23492
Асимметричность	0,0878	1,97045	-0,49315	0,406636
Интервал	300	9,8	340	0,2
Минимум	240	5,4	2060	0,1
Максимум	540	8,2	2400	0,3
Сумма	10200	226,2	62340,064	6,921
Счет	30	30	30	30

## Дерново-подзолистые почвы

	<i>pH</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>V</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>Сор<sub>г</sub></i>
Среднее	5,5	1,62	22,43	93,262	576,001	229	3,98
Стандартная ошибка	0,13012	0,11723	1,861617	1,943512	30,24292	11,41123	0,236154
Медиана	5,65	1,58	18,72	92,95	577,5	227	3,84
Мода	#Н/Д	#Н/Д	24	#Н/Д	#Н/Д	190	3,6
Стандартное отклонение	1,051385	0,215131	6,3518704	3,879741	94,4314	37,12649	0,749802
Дисперсия выборки	1,36112	0,17361	28,46029	18,114853	4191,79	1326,244	0,762546
Эксцесс	-1,0751	-1,09467	-1,463051	0,297647	-0,27121	-1,23824	0,226875
Асимметричность	-0,59016	-0,07341	0,35821	-1,0142	-0,68161	-0,3434	0,974235
Интервал	2,9	1,34	10,34	9,9	202	105	2,5
Минимум	3,8	0,83	15,26	85,6	433	161	2,9
Максимум	6,7	2,17	26,6	96,5	635	266	5,4
Сумма	231	68,04	942,06	3917,004	24192,12	9618	168,46
Счет	42	42	42	42	42	42	42

	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>
Среднее	292,34	6,52	2067,24	0,16
Стандартная ошибка	12,318	0,0429	32,36768	0,0025
Медиана	290	7	2060	0,2
Мода	295	7	2080	0,1
Стандартное отклонение	67,2119	1,974012	143,369	0,002311
Дисперсия выборки	12649,09	3,42659	36427,83	1,01635
Эксцесс	-0,43411	2,12839	0,911261	1,653492
Асимметричность	0,03678	1,456045	0,4912315	0,4662336
Интервал	240	2,5	652	0,12
Минимум	240	5,4	2010	0,1
Максимум	480	7,9	2662	0,22
Сумма	12280,36	283,84	89652	6,92
Счет	42	42	42	42



**Однофакторный дисперсионный анализ**  
**Однофакторный дисперсионный анализ показателей почв г. Сарапула**  
**разной степени нарушенности.**

Р - значение критическое для рН.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,003178	6,327E-05	8,88926E-06	0,002626
УП	0,003178	1	0,004897	1,78E-02	0,006794
У-мы	6,33E-05	0,004897	1	0,64656214	0,351363
Экр-мы	8,89E-06	1,78E-02	0,6465621	1	0,584939
УТ	0,002626	0,006794	0,3513635	0,584939048	1

Р - значение критическое для Н.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,001485	1,22E-14	9,02E-22	6,38E-08
УП	0,001485	1	0,008472	9,34E-07	2,36E-05
У-мы	1,22E-14	0,008472	1	0,000171	0,954833
Экр-мы	9,02E-22	9,34E-07	0,000171	1	0,014583
УТ	6,38E-08	2,36E-05	0,954833	0,014583	1

Р - значение критическое для S.

	Еп	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,004783	0,489924	0,001699	0,392399
УП	0,004783	1	0,003469	0,004279	0,014973
У-мы	0,489924	0,003469	1	0,001469	0,023959
Экр-мы	0,001699	0,004279	0,001469	1	0,996886
УТ	0,392399	0,014973	0,996886	0,023959	1

Р - значение критическое для V.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,013942	0,007559	8,38E-06	0,004359
УП	0,013942	1	0,005954	9,64E-04	0,026481
У-мы	0,007559	0,005954	1	0,326127	0,554091
Экр-мы	8,38E-06	9,64E-04	0,326127	1	0,246913
УТ	0,004359	0,026481	0,554091	0,246913	1

Р - значение критическое для P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,035891	9,14E-10	2,82E-17	2,89E-05
УП	0,035891	1	0,064758	0,001374	0,039648
У-мы	9,14E-10	0,064758	1	2,49E-05	0,995689
Экр-мы	2,82E-17	0,001374	2,49E-05	1	0,036082
УТ	2,89E-05	0,039648	0,995689	0,036082	1

Р - значение критическое для K<sub>2</sub>O.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,003484	4,08E-05	0,000502	0,017648
УП	0,003484	1	0,000748	0,083695	0,002593
У-мы	4,08E-05	0,000748	1	0,068154	0,34678
Экр-мы	0,000502	0,083695	0,068154	1	0,759646
УТ	0,017648	0,002593	0,34678	0,759646	1

## Р - значение критическое для С орг.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,003829	0,00552	4,59E-08	0,4321
УП	0,003829	1	3,49E-05	0,06294	0,97302
У-мы	0,00552	3,49E-05	1	8,62E-07	0,011659
Экр-мы	4,59E-08	0,06294	8,62E-07	1	4,64E-06
УТ	0,4321	0,97302	0,011659	4,64E-06	1

## Р - значение критическое для Zn.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,045789	0,97416	0,024998	4,54E-04
УП	0,045789	1	0,013857	0,009486	0,005694
У-мы	0,97416	0,013857	1	0,096363	0,024965
Экр-мы	0,024998	0,009486	0,096363	1	0,35979
УТ	4,54E-04	0,005694	0,024965	0,35979	1

## Р - значение критическое для Си.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,018493	0,118376	1,34E-04	0,006493
УП	0,018493	1	0,028469	0,001467	4,68E-05
У-мы	0,118376	0,028469	1	0,226241	0,010632
Экр-мы	1,34E-04	0,001467	0,226241	1	0,137997
УТ	0,006493	4,68E-05	0,010632	0,137997	1

Р - значение критическое для Mn.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	1,57E-04	9,24E-05	3,68E-10	0,005459
УП	1,57E-04	1	0,003786	0,001596	4,65E-06
У-мы	9,24E-05	0,003786	1	0,015221	0,988474
Экр-мы	3,68E-10	0,001596	0,015221	1	0,069368
УТ	0,005459	4,65E-06	0,988474	0,069368	1

Р - значение критическое для Fe.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,048592	0,300192	0,04729	0,980385
УП	0,048592	1	0,004658	0,006789	0,001386
У-мы	0,300192	0,004658	1	0,682965	0,251577
Экр-мы	0,04729	0,006789	0,682965	1	0,191903
УТ	0,980385	0,001386	0,251577	0,191903	1

**Однофакторный дисперсионный анализ показателей почв г. Камбарки разной степени нарушенности.**

Р - значение критическое для рН.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	1,84E-06	0,032849	6,78E-07	0,000649
УП	1,84E-06	1	0,112667	0,004696	0,012843
У-мы	0,032849	0,112667	1	0,130582	4,86E-06
экр-мы	6,78E-07	0,004696	0,130582	1	0,000539
УТ	0,000649	0,012843	4,86E-06	0,000539	1

Р - значение критическое для Н.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	1,43E-07	0,007283	7,49E-05	0,024831
УП	1,43E-07	1	5,29E-07	5,69E-09	0,540326
У-мы	0,007283	5,29E-07	1	1,88E-05	0,000384
экр-мы	7,49E-05	5,69E-09	1,88E-05	1	3,28E-06
УТ	0,024831	0,540326	0,000384	3,28E-06	1

Р - значение критическое для S.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,003847	5,89E-03	0,017451	0,072834
УП	0,003847	1	0,78039	0,000487	3,47E-06
У-мы	5,89E-03	0,78039	1	0,000835	0,04582
экр-мы	0,017451	0,000487	0,000835	1	0,000347
УТ	0,072834	3,47E-06	0,04582	0,000347	1

Р - значение критическое для V.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,004593	1,23E-04	0,035942	0,384913
УП	0,004593	1	0,046443	0,57067	0,000738
У-мы	1,23E-04	0,046443	1	0,009468	4,74E-10
экр-мы	0,035942	0,57067	0,009468	1	0,024846
УТ	0,384913	0,000738	4,74E-10	0,024846	1

Р - значение критическое для P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,002718	3,48E-05	0,043961	0,073921
УП	0,002718	1	1,9E-12	1,38E-11	0,000438
У-мы	3,48E-05	1,9E-12	1	0,042308	2,43E-08
экр-мы	0,043961	1,38E-11	0,042308	1	0,000234
УТ	0,073921	0,000438	2,43E-08	0,000234	1

Р - значение критическое для K<sub>2</sub>O.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,006493	2,36E-07	0,004863	0,004931
УП	0,006493	1	4,87E-06	1,84E-06	0,038592
У-мы	4,87E-06	0,120504	1	0,002893	0,038592
экр-мы	2,36E-07	1,84E-06	0,002893	1	0,005932
УТ	0,004863	0,004931	0,038592	0,005932	1

Р - значение критическое для Сорг.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,009382	3,84E-04	0,024933	6,73E-09
УП	0,009382	1	0,177708	1,63E-07	0,063981
У-мы	3,84E-04	0,177708	1	6,05E-12	8,72E-06
экр-мы	0,024933	1,63E-07	6,05E-12	1	0,007291
УТ	6,73E-09	0,063981	8,72E-06	0,007291	1

Р - значение критическое для Zn.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,000384	7,93E-10	0,005692	0,037413
УП	0,000384	1	1,48E-04	0,063921	0,009283
У-мы	7,93E-10	1,48E-04	1	1,19E-09	2,48E-07
экр-мы	0,005692	0,063921	1,19E-09	1	0,007291
УТ	0,037413	0,009283	2,48E-07	0,007291	1

Р - значение критическое для Cu.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,005487	3,59E-07	0,039161	0,062819
УП	0,005487	1	2,14E-08	6,84E-06	0,000382
У-мы	3,59E-07	2,14E-08	1	1,44E-09	0,003619
экр-мы	0,039161	6,84E-06	1,44E-09	1	1,26E-07
УТ	0,062819	0,000382	0,003619	1,26E-07	1

Р - значение критическое для Fe.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,001574	2,87E-08	0,026491	0,843922
УП	0,001574	1	0,000943	5,93E-04	0,03847
У-мы	2,87E-08	0,000943	1	0,025644	0,38945
экр-мы	0,026491	5,93E-04	0,025644	1	0,008431
УТ	0,843922	0,03847	0,38945	0,008431	1

Р - значение критическое для Mn.

	ЕП	УП	Урбаноземы	Экр-мы	УТ
ЕП	1	0,004386	4,23E-04	0,029485	0,000147
УП	0,004386	1	2,34E-07	7,94E-09	0,074932
У-мы	4,23E-04	2,34E-07	1	7,64E-12	0,039476
экр-мы	0,029485	7,94E-09	7,64E-12	1	0,247184
УТ	0,000147	0,074932	0,039476	0,247184	1

**P-значение критическое для показателей почв разной степени нарушенности гг. Сарапул и Камбарка.**

	pH	H	S	V	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гумус
ЕП	0,002749	3,57E-04	4,21E-09	0,082793	1,18E-07	1,86E-08	0,049274
УП	7,89E-04	3,9E-12	0,000188	1,81E-11	0,032788	0,007428	5,26E-07
У-мы	0,001352	5,73E-08	3,17E-10	1,85E-16	7,72E-05	0,001483	9,72E-09
Экр-мы	3,63E-31	0,018335	0,00337	3,8E-05	0,000936	0,000339	0,28862
УТ	7,2E-12	0,684488	0,295682	1,09E-05	0,000274	4,6E-06	2,08E-06

	Fe	Mn	Cu	Zn
ЕП	0,977106	0,375109	0,381691	1,96E-12
УП	0,001166	2,69E-11	3,52E-06	0,000846
У-мы	9,43E-09	0,172635	1,52E-06	0,000196
Экр-мы	6,35E-06	0,010369	1,21E-10	7,19E-08
УТ	0,03571	5,15E-06	0,00369	7,05E-09

**Результаты однофакторного дисперсионного анализа значений содержания ТМ в растениях гг. Сарапул и Камбарка.**

**Однофакторный дисперсионный анализ значений содержания ТМ в древесных породах г. Камбарки.**

Р-значение критическое для Си.

	Tilia cordata	Pinus sylvestris	Acer negundo	Picea excelsa	Betula pendula
Tilia cordata	1	3,66E-25	0,000445	6,21E-13	0,319977
Pinus sylvestris	3,66E-25	1	9,91E-27	6,69E-17	1,76E-31
Acer negundo	0,000445	9,91E-27	1	3,53E-17	0,004142
Picea excelsa	6,21E-13	6,69E-17	3,53E-17	1	9,35E-16
Betula pendula	0,319977	1,76E-31	0,004142	9,35E-16	1

Р-значение критическое для Mn.

	Tilia cordata	Pinus sylvestris	Acer negundo	Picea excelsa	Betula pendula
Tilia cordata	1	4,33E-14	0,756896	1,22E-12	6,01E-11
Pinus sylvestris	4,33E-14	1	1,83E-12	0,105534	0,271074
Acer negundo	0,756896	1,83E-12	1	2,76E-11	2,36E-08
Picea excelsa	1,22E-12	0,105534	2,76E-11	1	0,085757
Betula pendula	6,01E-11	0,271074	2,36E-08	0,085757	1

## Р-значение критическое для Zn.

	Tilia cordata	Pinus sylvestris	Acer negundo	Picea excelsa	Betula pendula
Tilia cordata	1	0,233434	0,000104	6,84E-14	6,06E-17
Pinus sylvestris	0,233434	1	2,85E-05	2,41E-10	2,24E-13
Acer negundo	0,000104	2,85E-05	1	6,77E-09	1,21E-12
Picea excelsa	6,84E-14	2,41E-10	6,77E-09	1	0,004352
Betula pendula	6,06E-17	2,24E-13	1,21E-12	0,004352	1

## Р-значение критическое для Fe.

	Tilia cordata	Pinus sylvestris	Acer negundo	Picea excelsa	Betula pendula
Tilia cordata	1	0,002115	0,995367	0,261501	0,408535
Pinus sylvestris	0,002115	1	0,003591	2,04E-14	4,67E-05
Acer negundo	0,995367	0,003591	1	0,230564	0,674202
Picea excelsa	0,261501	2,04E-14	0,230564	1	0,664165
Betula pendula	0,408535	4,67E-05	0,674202	0,664165	1



**Однофакторный дисперсионный анализ значений содержания ТМ в древесных породах г.Сарапула .**

Р-значение критическое для Zn.

	Tilia cordata	Betula pendula	Acer negundo	Acer platanoides	Populus balsamifera	Quercus robur
Tilia cordata	1	3,09E-15	3,07E-06	1,6E-10	2,68E-23	4,58E-15
Betula pendula	3,09E-15	1	3,51E-11	0,000201	0,001586	5,02E-06
Acer negundo	3,07E-06	3,51E-11	1	4,64E-05	4,74E-17	1,48E-07
Acer platanoides	1,6E-10	0,000201	4,64E-05	1	2,13E-06	0,996991
Populus balsamifera	2,68E-23	0,001586	4,74E-17	2,13E-06	1	1,48E-10
Quercus robur	4,58E-15	5,02E-06	1,48E-07	0,996991	1,48E-10	1

Р-значение критическое для Cu.

	Tilia cordata	Betula pendula	Acer negundo	Acer platanoides	Populus balsamifera	Quercus robur
Tilia cordata	1	1,03E-14	3,42E-13	8,19E-11	9,51E-07	3,23E-10
Betula pendula	1,03E-14	1	0,045395	1,45E-14	4,4E-17	1,84E-17
Acer negundo	3,42E-13	0,045395	1	1,6E-12	3,64E-15	0,045395
Acer platanoides	8,19E-11	1,45E-14	1,6E-12	1	8,24E-05	0,001462
Populus balsamifera	9,51E-07	4,4E-17	3,64E-15	8,24E-05	1	0,020205
Quercus robur	3,23E-10	1,84E-17	0,045395	0,001462	0,020205	1

## Р-значение критическое для Mn.

	Tilia cordata	Betula pendula	Acer negundo	Acer platanoides	Populus balsamifera	Quercus robur
Tilia cordata	1	0,000133	0,000117	2,08E-10	2,68E-23	3,78E-13
Betula pendula	0,000133	1	0,992941	3,13E-05	1,31E-09	9,3E-08
Acer negundo	0,000117	0,992941	1	1,07E-05	1,53E-10	4,41E-08
Acer platanoides	2,08E-10	3,13E-05	1,07E-05	1	3,16E-10	1,65E-12
Populus balsamifera	2,68E-23	1,31E-09	1,53E-10	3,16E-10	1	1,65E-12
Quercus robur	3,78E-13	9,3E-08	4,41E-08	1,65E-12	1,65E-12	1

## Р-значение критическое для Fe.

	Tilia cordata	Betula pendula	Acer negundo	Acer platanoides	Populus balsamifera	Quercus robur
Tilia cordata	1	0,000741	6,73E-09	0,000284	0,046731	1,46E-06
Betula pendula	0,000741	1	8,53E-08	0,046732	0,000493	4,69E-12
Acer negundo	6,73E-09	8,53E-08	1	1,48E-05	0,003728	0,047169
Acer platanoides	0,000284	0,046732	1,48E-05	1	4,86E-07	0,000287
Populus balsamifera	0,046731	0,000493	0,003728	4,86E-07	1	0,000138
Quercus robur	1,46E-06	4,69E-12	0,047169	0,000287	0,000138	1

## Корреляционный анализ данных

Корреляции между содержанием ТМ в почвах и растениях г. Сарапула  
*Betula pendula*.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
<i>Cu (II)</i>	1							
<i>Cu (P)</i>	0,390429	1						
<i>Mn (II)</i>	-0,34602	0,08193	1					
<i>Mn (P)</i>	0,08243	0,0620	-0,1044	1				
<i>Zn (II)</i>	0,59316	0,1892	-0,0728	-0,06959	1			
<i>Zn (P)</i>	-0,12789	-0,3735	-0,0470	-0,11665	0,08544	1		
<i>Fe (II)</i>	-0,02868	-0,1623	-0,1768	-0,13035	0,32635	0,51447	1	
<i>Fe (P)</i>	0,07976	-0,0349	-0,5327	0,199774	0,202127	0,026192	0,100669	1

*Tilia cordata*.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
<i>Cu (II)</i>	1							
<i>Cu (P)</i>	0,09502	1						
<i>Mn (II)</i>	-0,14696	0,42485	1					
<i>Mn (P)</i>	-0,26206	0,36589	0,06944	1				
<i>Zn (II)</i>	0,098387	0,189388	-0,2397	0,08960	1			
<i>Zn (P)</i>	-0,64559	-0,24002	0,113994	0,23645	-0,21503	1		
<i>Fe (II)</i>	-0,12268	0,230064	0,091535	0,18223	-0,12949	0,132164	1	
<i>Fe (P)</i>	-0,08758	-0,3908	-0,52479	0,27774	0,175532	0,219989	0,214354	1

*Acer negundo*.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
<i>Cu (II)</i>	1							
<i>Cu (P)</i>	-0,1498	1						
<i>Mn (II)</i>	-0,04699	-0,02236	1					
<i>Mn (P)</i>	-0,29607	-0,11641	0,081953	1				
<i>Zn (II)</i>	-0,33953	0,092455	0,598741	-0,03225	1			
<i>Zn (P)</i>	0,01702	0,088508	0,546347	-0,30468	0,264783	1		
<i>Fe (II)</i>	-0,3329	0,15022	0,059146	0,252193	0,120807	0,20177	1	
<i>Fe (P)</i>	0,254857	-0,21101	-0,28125	0,09872	-0,30371	0,01224	0,217995	1

## Acer platanoides.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (II)	1							
Cu (P)	-0,08498	1						
Mn (II)	-0,00786	-0,15347	1					
Mn (P)	-0,26971	0,032372	-0,00672	1				
Zn (II)	0,619175	-0,06848	0,286813	-0,24938	1			
Zn (P)	0,291064	0,012497	0,294121	-0,03497	0,296734	1		
Fe (II)	0,195334	-0,29725	0,201819	-0,294932	0,174933	0,049464	1	
Fe (P)	0,149301	0,151461	-0,31908	0,044938	0,028164	0,152924	0,193462	1

## Quercus robur.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (II)	1							
Cu (P)	-0,14546	1						
Mn (II)	0,164187	-0,30551	1					
Mn (P)	-0,35729	-0,191153	0,452465	1				
Zn (II)	0,320938	-0,2982	0,592486	0,296711	1			
Zn (P)	-0,29309	-0,07934	0,484952	0,372942	-0,27682	1		
Fe (II)	-0,35738	-0,18405	0,263705	0,318506	-0,295469	0,317951	1	
Fe (P)	-0,1193	0,626547	-0,10873	0,107965	-0,34707	0,189806	-0,0948	1

## Populus balsamifera.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (II)	1							
Cu (P)	-0,28525	1						
Mn (II)	-0,35951	0,033923	1					
Mn (P)	-0,28022	-0,24049	-0,09291	1				
Zn (II)	0,753491	0,142457	0,489293	-0,24392	1			
Zn (P)	-0,118392	-0,13969	-0,40689	0,269329	-0,19391	1		
Fe (II)	0,450394	-0,00391	0,386538	-0,34303	0,368396	-0,054392	1	
Fe (P)	-0,07249	0,132982	-0,339221	-0,09939	-0,133021	0,046282	0,238293	1

## Корреляции между содержанием ТМ в почве и растениях г. Камбарки

Betula pendula.

	<i>Fe(II)</i>	<i>Fe(P)</i>	<i>Mn(II)</i>	<i>Mn(P)</i>	<i>Cu(II)</i>	<i>Cu(P)</i>	<i>Zn(II)</i>	<i>Zn(P)</i>
Fe(II)	1							
Fe(P)	0,351811	1						
Mn(II)	0,105902	-0,5217	1					
Mn(P)	0,129734	-0,09449	0,250778	1				
Cu(II)	-0,18897	-0,29778	0,220534	-0,08707	1			
Cu(P)	-0,42208	-0,37659	0,064036	-0,04373	0,57503	1		
Zn(II)	-0,3935	-0,13132	0,063086	0,043114	-0,05069	-0,30762	1	
Zn(P)	0,053124	0,231992	-0,07709	0,029129	-0,11119	-0,1309	0,123428	1

Tilia cordata.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (II)	1							
Cu (P)	-0,39281	1						
Mn (II)	-0,06493	0,02918	1					
Mn (P)	-0,38292	-0,07284	-0,09391	1				
Zn (II)	0,723921	0,043287	0,193822	-0,24392	1			
Zn (P)	-0,38213	-0,13929	-0,33922	0,36172	-0,19391	1		
Fe (II)	0,439283	-0,02911	0,102927	-0,34393	0,368326	-0,21484	1	
Fe (P)	-0,08372	0,13392	-0,39381	-0,08936	-0,39021	0,03294	0,238918	1

Acer negundo.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (II)	1							
Cu (P)	-0,49268	1						
Mn (II)	0,02849	-0,02837	1					
Mn (P)	-0,32891	0,28499	-0,64939	1				
Zn (II)	0,83926	-0,03825	0,04839	0,07386	1			
Zn (P)	-0,18306	-0,23047	-0,39262	0,63822	0,34967	1		
Fe (II)	0,382911	-0,27389	0,82828	-0,4298	0,10328	-0,3947	1	
Fe (P)	0,28392	0,39213	0,28923	-0,6368	0,34238	-0,2839	-0,28391	1

## Picea excelsa.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (II)	1							
Cu (P)	-0,42812	1						
Mn (II)	-0,12293	0,246157	1					
Mn (P)	0,111911	0,276312	0,04512	1				
Zn (II)	-0,13139	-0,21559	-0,25647	-0,10772	1			
Zn (P)	-0,26699	0,04213	-0,17075	0,40875	-0,4208	1		
Fe (II)	0,01793	0,052676	-0,05165	-0,126172	0,066586	-0,0841	1	
Fe (P)	-0,12829	-0,13663	0,469824	-0,29334	0,143189	0,036812	-0,20275	1

## Pinus sylvestris.

	<i>Cu (II)</i>	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (II)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (II)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (II)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (II)	1							
Cu (P)	-0,3329	1						
Mn (II)	0,254857	-0,02236	1					
Mn (P)	-0,1498	-0,11641	0,081953	1				
Zn (II)	-0,04699	0,092455	-0,03225	0,120807	1			
Zn (P)	0,01702	0,088508	-0,30468	-0,30371	0,264783	1		
Fe (II)	0,15022	0,598741	0,059146	0,252193	-0,20177	-0,29607	1	
Fe (P)	-0,21101	0,546347	-0,28125	0,09872	-0,01224	-0,33953	0,214532	1

**Результаты корреляционного анализа между содержанием ТМ в растениях г. Камбарки.**

*Betula pendula.*

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Fe	1			
Mn	-0,20458	1		
Cu	0,124645	-0,16861	1	
Zn	0,091301	0,17769	-0,02173	1

*Tilia cordata.*

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Fe	1			
Mn	-0,11725	1		
Cu	0,170542	-0,17337	1	
Zn	-0,21115	0,19388	-0,02467	1

*Acer negundo.*

	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>
Fe	1			
Mn	-0,01765	1		
Cu	0,345942	-0,43039	1	
Zn	0,112658	-0,36975	0,381532	1

*Picea excelsa.*

	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>
Zn	1			
Cu	0,520644	1		
Mn	0,545963	0,098414	1	
Fe	-0,71565	-0,33343	-0,35827	1

*Pinus sylvestris.*

	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>
Zn	1			
Cu	0,115229	1		
Mn	0,383446	-0,01534	1	
Fe	-0,43713	-0,31858	-0,34361	1

**Результаты корреляционного анализа между содержанием ТМ в растениях г.Сарапула.**

*Betula pendula.*

	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (P)	1			
Mn (P)	0,365898	1		
Zn (P)	-0,24002	0,236457	1	
Fe (P)	-0,3908	0,277741	0,219989	1

*Tilia cordata.*

	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (P)	1			
Mn (P)	0,062083	1		
Zn (P)	-0,37352	-0,11665	1	
Fe (P)	-0,03492	0,199774	0,026192	1

*Acer negundo.*

	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (P)	1			
Mn (P)	0,365898	1		
Zn (P)	-0,24002	0,236457	1	
Fe (P)	-0,3908	0,277741	0,219989	1

*Acer platanoides.*

	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (P)	1			
Mn (P)	-0,27721	1		
Zn (P)	0,160016	-0,18431	1	
Fe (P)	0,073988	-0,48304	0,480957	1



## Quercus robur.

	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (P)	1			
Mn (P)	-0,37135	1		
Zn (P)	-0,56349	0,831547	1	
Fe (P)	-0,22677	0,212203	0,46259	1

## Populus balsamifera.

	<i>Cu (P)</i>	<i>Mn (P)</i>	<i>Zn (P)</i>	<i>Fe (P)</i>
Cu (P)	1			
Mn (P)	0,130149	1		
Zn (P)	0,064137	0,008325	1	
Fe (P)	0,371216	0,062912	0,220323	1