

На правах рукописи

*С/Григорьевна*

Рылова Наталья Григорьевна

Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность  
(на примере г. Ижевска)

03.00.16 - экология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Ижевск - 2003

Работа выполнена в Удмуртском государственном университете

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

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук,  
профессор Н.Г. Ильминских  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор В.П. Ковриго

**Ведущая организация:** Институт экологии растений  
и животных УрО РАН

Защита состоится "18" февраля 2003 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета КМ 212.275.05 при Удмуртском государственном университете по адресу: 426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 1, ауд. 119 . Факс 8 3412755866.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Удмуртского государственного университета по адресу: г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 1.

Автореферат разослан «14» февраля 2003 г.

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

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность **темы**. За многовековую историю деятельность человека привела к глобальным изменениям его среды обитания. Особенно сильно данные преобразования затронули районы с высокой численностью населения, и в большей степени - городские агломерации. В последние десятилетия темпы увеличения доли городского населения **постоянно** растут, в настоящее время около половины мирового населения проживает в городах. Тенденции свидетельствуют о неуклонном росте городских застроек, под которые уже сейчас захвачены огромные площади бывших сельскохозяйственных и естественных угодий.

В городе почвенный покров все также остается одним из четырех главных компонентов экосистемы: почва - вода - воздух - растение. Утрированное отношение к почтам лишь с инженерной точки зрения, как к грунту, дает основание не рассматривать их с экологической точки зрения. Однако почва через ряд факторов, в частности - состояние растительности и запыленность атмосферы, оказывает влияние на общую экологическую обстановку и здоровье городского населения. Долгое время почва как объект изучения рассматривались только в сельскохозяйственных и лесохозяйственных науках. Современное экологическое состояние городских агломераций требует изучения почв и почвоподобных образований также и на урбанизированных территориях.

Еще в конце 19 века основатель почвоведения В.В. Докучаев считал весьма важными проблемы преобразования почв в условиях населенных пунктов, однако, занялись ими только в последние десятилетия. Именно по этой причине в настоящее время активно изучаются новые подходы к городским почвам, поскольку вопросы систематики, морфологии, изменения их свойств и экологических функций являются мало разработанными.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы являлась оценка трансформации почвенного покрова при формировании промышленного города на примере г. Ижевска и ее воздействие на растительность.

В рамках общей цели решались следующие задачи:

- 1. Оптимизировать классификацию городских почв и составить почвенную карту г. Ижевска с учетом естественных и антропогенных почв; 2. Выявить направления и основные характеристики трансформации почв в городской среде по агрохимическим показателям, содержанию тяжелых металлов и морфологическим характеристикам; 3. Оценить загрязнение поверхностного слоя почв тяжелыми металлами (Сu, Fe, Zn, Mn) и выявить пространственные и ландшафтные особенности содержания перечисленных элементов; 4. Выявить характеристики загрязнения на основе анализа состояния сопредельных с почвой сред. 5. Произвести оценку состояния почв по отношению к условиям произрастания растений.

Научная **новизна**. Впервые составлена карта естественных, так и антропогенных почв г. Ижевска, также впервые рассмотрен комплекс изменений зональных почв при формировании урбанозекосистемы. Выполнена комплексная оценка особенностей загрязнения с учетом почвы, снежного покрова и растительности. Впервые установлены особенности формирования и мощность культурного слоя города.

**Практическая** значимость работы. Результаты исследования могут быть использованы при оценке экологического состояния г. Ижевска. Полученные данные можно использовать при озеленении г. Ижевска, так как для нормального функционирования ("хтенний необходим учет выявленных закономерностей в распределении, как питательных веществ, так и тяжелых металлов в почвенном профиле различных типов городских почв. При планировании размещения оздоровительных и медицинских учреждений, детских садов, школ и *i* д., возможно использование полученных результатов, характеризующих пространственные особенности загрязнения города.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на Международных научных конференциях «Деградация почв и проблемы агроландшафтного земледелия» и «Эволюция и деградация почвенного покрова» (Ставрополь. 200П, 2002); региональных научных конференциях (Ижевск, 2000, Казань, 2002); ежегодных научных конференциях преподавателей и сотрудников УдГУ (2000-2002).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Развитие городских почв обусловлено антропогенной деятельностью. Среди наиболее значимых процессов необходимо выделить: а) замещение естественного почвенного покрова антропогенными почвами; б) постепенный рост антропогенного профиля за счет запланированного или ненамеренного привноса грунта или пыли с формированием культурного слоя и создание экранированных почв; в) изменение химических свойств, в частности, снижение обменной кислотности, увеличение суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями, содержания макро и микроэлементов в профиле естественных и антропогенных почв.

2. Изменение агро-экологических характеристик городских почв зависит от степени и направления трансформации исходного почвенного покрова, что во многом определяется тшом использования и территориальным расположением почв.

3. Устойчивый характер загрязнения почв г. Ижевска обусловлен аэрогенным поступлением тяжелых металлов, что прослеживается при изучении современных естественных и: антропогенных почв, техногенных почвоподобных образований, погребенного естественного профиля, снега и растительности.

4. Степень и направление трансформации почв оказывают значительное, как правило, отрицательное воздействие на состояние растительного покрова.

Декларация личного участия автора. Морфологическое описание, пробы почвенного материала, отбор проб растений и снежного покрова выполнено лично автором, использованы также материалы, собранные студентами УдГУ под руководством автора. Все химические анализы и обработка материала проведена лично автором. На основе полученных результатов автором предложена расширенная классификация городских иочв таежной зоны.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, включающего 302 источника, в том числе 27 на иностранных языках и семи приложений. Основной текст изложен на 189 страницах, иллюстрирован 41 рисунком и 19 таблицами.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Трансформация почвенного покрова и изменение других компонентов экосистемы в природно-техногенных ландшафтах

На основе литературных данных рассмотрена проблема формирования и развития антропогенного почвенного покрова, в ряде случаев полностью заместившего естественный. По результатам анализа литературы показано, что под воздействием человека формируются почвы существенно отличающиеся от зональных. К городским почвам отнесены все почвы функционирующие в пределах города (Строганова и др., 1992, 19976, 1998). Рассмотрена проблема классификации городских и в целом антропогенных почв и пути ее решения различными авторами с выделением наиболее перспективного подхода. Выделены основные экологические функции почв в урбанизированной экосистеме. Представлена геохимическая характеристика города на основе данных Национальных докладов и других публикаций, дан анализ возможных изменений геохимического состояния компонентов городской среды в связи с особенностями урбано-системы.

## ГЛАВА 2. Характеристика объекта исследования

В главе представлена краткая характеристика факторов почвообразования в условиях г. Ижевска с рассмотрением их трансформации под воздействием хозяйственной деятельности и антропогенный фактор выделен как основная причина и условие формирования городских почв.

## ГЛАВА 3. Методика проведения исследований

Проводимыми ранее исследованиями установлено, что для характеристик\* почв города необходимы новые приемы и методы, в особенности при подходе к классификации городских почв. Данная проблема частично решена рядом исследователей, однако, анализ представленных схем выявил некоторые недостатки, что побудило автора внести поправки и дополнения в классификацию городских почв. За основу принята схема М.Н. Строгановой с соавторами (1992, 1997, 1998) как наиболее удачная. В качестве дополнительных материалов использованы работы, посвященные антропогенным почвам (Солнцева, 1990; Соколов, 1991; Лебедева с соавторами (1993, 1994, 1996 а, б); Классификация почв России (1997). Итоговый вариант классификации представлен в табл. 1.

На уровне подтипов были дополнительно выделены хемоземы (сильно загрязненные почвы), объединяющие индустриземы и интруземы. На уровне видов сформированы группы по направлению и степени трансформации. Названия групп составлены из двух частей: первая описывает вид преобразования (ацефало- [верхняя часть естественного профиля срезана], страто- [насыпь поверх естественного профиля], турбо- [естественные горизонты перемешаны], агро- [почвы изменены сельскохозяйственными работами]); вторая - степень преобразования (если преобразовано менее 50 см профиля с сохранением типовых признаков, то "-почвы", если нарушения значительнее, то "-земы").

В качестве характеристик фоновых почв были использованы результаты исследований комплексной экспедиции УдГУ и УГНИИСХ 1998г, где изучались типичные для Удмуртии дерново-сильноподзолистые почвы супесчаного и легкосуглинистого механического состава, аналогичные преобладающим в г. Ижевске. За урбанизированный фон приняты почвы дендрария Ботанического сада УдГУ.

Отбор поверхностных образцов почв (1430 проб) проведен координатно-сетчатым и ландшафтным методами с учетом экотопа, масштаб съемки 1:25000. Проанализированы почвенные образцы по профилю - 680 проб, всего исследовано 284 профиля. Отбор произведен в соответствии с Методическими рекомендациями (1981, 1987, 1999). Отбор снеговых проб (112 образцов) проведен при масштабе 1:100000 в соответствии с Методическими рекомендациями (1999). Растительные пробы (однолетние побеги) отобраны в местах закладки почвенных разрезов и отбора снега у различных видов древесных пород (77 проб) по окончании вегетационного периода, для исключения поверхностного загрязнения (Методические рекомендации..., 1981). Все анализы отобранного материала выполнены автором в Лаборатории почвенной экологии УдГУ.

Изменение почвенного покрова оценено на основе учета: макроморфологических особенностей, основных агрохимических характеристик, а также распределения кислоторастворимых форм Си, Zn, Fe и Mn. Агрохимический анализ почвы осуществлялся по методикам: гранулометрический состав - по Н.А. Качинскому; содержание гумуса ( $C_{орг}$ , %) - по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова (ГОСТ 26213-91); обменная кислотность (рН) в растворе KCl - потенциметрически (ГОСТ 26483-91); гидролитическая кислотность (Н, мг-экв/100 г почвы) - потенциметрически, по Каппену (ГОСТ 26212-91); сумма поглощенных оснований (S, мг-экв/100 г почвы) - по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88); содержание подвижных форм фосфора и калия (мг/100 г почвы) - по Кирсанову (ГОСТ 26207-91).

Таблица 1

## Классификация городских почв таежной зоны

Блок почв	Естественные почвы	Антропогенные преобразованные почвы			Техногенные почвоподобные образования	
		Поверхностно преобразованные	Глубоко преобразованные почвы			
Класс почв	Естественные почвы	Поверхностно преобразованные	Глубоко преобразованные почвы		Техноземы (искусственно созданные почвы)	
Тип городских почв	Подзолистые, болотные и т.д., не трансформированные почвы	Урбанопочвы: преобразовано менее 50 см, диагностируется естественная почва	Урбаноземы: преобразовано более 50 см или меньше, но тип естественной почвы определить невозможно		Урбанотехноземы: естественный профиль уничтожен, поверхность искусственно гумусирована	
Подтип почвы	Дерново-подзолистые, дерново-глессовые почвы и др.	1. слабо преобразованные 2. сильно преобразованные	собственно урбаноземы	хемоземы экраноземы	1. реплантозем 2. конструкторзем	
Вид почвы	Дерново-слабоподзолистые, дерново-среднеподзолистые и др. почвы	- почвы	-земы	1. индустризем 2. нефтзем	Тип профиля под открытием	1. малогумусированный 2. среднегумусированный 3. сильногумусированный

Содержание в почвах тяжелых металлов (ТМ): Mn, Fe, Си и Zn определялось атомно-абсорбционным методом в 1 н. HCl при соотношении почв и раствора 1:10 на приборе "Спектр-1". Концентрация ТМ в растениях и твердом остатке снега проводилось после озоления при температуре 450 °С и последующего растворения 20 % HCl в соотношении к вытяжке 1:5 и 1:10 соответственно. Растворимые формы ТМ в снеговых пробах определялись после упаривания снеговой воды в 100 раз.

Карты загрязнения с учетом исследованных ТМ выполнены на основе суммарного показателя загрязнения (СПЗ) рассчитанного по формуле:

$$СПЗ = 1 K_c - (n - 1),$$

где  $K_c = C/C_f$  - коэффициент концентрации,  $Q$  - содержание элемента в исследуемом объекте,  $C_f$  - фоновое содержание элемента,  $n$  - число учитываемых элементов.

Аналитические результаты, полученные в ходе исследования, были обработаны с помощью пакета программ Excel, 97 и Statistica, 99. Карты загрязнения выполнены в программе Arc View 3.0.

#### ГЛАВА 4. Особенности трансформации почвенного покрова города и изменение условий функционирования растительности

**Морфологическая трансформация почв.** Развитие города сопровождается коренной трансформацией почвенного покрова. Для анализа произошедших изменений нами были рассмотрены дерново-подзолистые почвы, как преобладающие в городе среди естественных. При исходной морфологии для них характерна фрагментация горизонта подстилки (Ao), уплотнение верхней части профиля и захламенение поверхности. Дру<sup>^</sup>

гих морфологических особенностей городских почв не наблюдается. Мощность их горизонтов аналогична фоновым почвам.

Профиль антропогенных почв характеризуется значительной гетерогенностью и гетерохронностью сложения. Глубина преобразования нередко достигает почвообразующих пород, отмечается сильное захламление строительным-бытовым мусором и уплотнение почвы.

Погрбенный под антропогенными наслоениями естественный профиль, несмотря на уплотнение и формирование в ряде случаев слоистости, имеет более благоприятные физические характеристики, чем антропогенный профиль. Сформированный в результате 240-летнего развития города культурный слой имеет мощность до 120 см, в нем можно выделить разновозрастные слои, наличие археологических особенностей не отмечено.

Техногенные почвоподобные образования в городе относятся к подтипу реплаттоземов. Профиль данных образований аналогичен глубоко преобразованным антропогенным почвам, но дополнен слоем Ц. Мощность данного искусственно созданного гумусового слоя, в большинстве за счет насыпания торфосмесей, колеблется от 4 до 56 см (в среднем 15 см), в ряде случаев он делится на несколько подслоев.

*Изменение агрохимических характеристик почв города* обусловлено воздействием на почвы аэрогенных выбросов. В результате трансформированы свойства всех почв. Агрохимические показатели естественных почв изменились не только с поверхности, но и по всему профилю (табл. 2). В качестве наиболее значительных необходимо отметить сдвиги характеристик гумусового горизонта (А).

Таблица 2  
Агрохимические показатели дерново-подзолистых почв г. Ижевска (1) и дерново-подзолистых почв за его пределами (2).

Горизонт	рН		Н		S		V		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		С орг.	
			мг-экв/100г		%		%		мг/ 100 г		%			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
A <sub>1</sub>	6,1	4,3*	2,1	5,9*	17,9	9,4*	86,1	58,8*	20,1	3,8*	9,5	10,2	3,4	2,3*
A <sub>2</sub>	5,2	4,2*	1,8	3,9*	8,8	4,9*	75,1	56,0*	13,2	4,8*	5,4	7,9	3,1	0,8*
B <sub>1</sub>	4,6	4,1*	2,2	3,6*	12,4	10,9	80,9	72,6*	20,0	5,9	7,5	10,1	2,1	0,5*
B <sub>2</sub>	4,5	4,0*	2,1	3,9*	14,6	17,1	82,2	80,3	23,0	5,5*	9,6	11,5	1,7	0,4*

\*- выявлены достоверные отличия показателей сравниваемых почв (p<0,05).

Содержание ТМ в естественных почвах значительно повысилось только в двух верхних горизонтах. Значение коэффициента аккумуляции (отношение содержания ТМ в почве к содержанию в почвообразующей породе) для горизонтов подстилки (А<sub>д</sub>) и дернового (А) составляют соответственно (фоновые почвы/городские почвы): для марганца 3,3/15,4 и 1,5/10,2, для цинка 4,1/17,9 и 1,1/4,9, для меди 1,3/5,0 и 0,8/1,4.

Антропогенные почвы претерпели наибольшие изменения, характеристики которых зависят в первую очередь от вида нарушения почвы, что во многом определяется типом ее использования. Однотипно используемые в течение длительного времени почвы приобретают видоспецифические характеристики (агро-почвы и хемоземы на рис. 1). В качестве почв наиболее трансформированных в результате развития города необходимо выделить хемоземы.

В целом для городских почв отмечены следующие изменения: 1) увеличение обменной кислотности: максимум характерен для хемоземов - рН в среднем на 3 ед. выше фонового уровня; 2) снижение гидролитической кислотности: минимум отмечен в экраноземах - Н в 24 раза ниже фонового; 3) рост суммы поглощенных оснований с

максимумом в хемоземах, где  $S$  в 5 раз выше фонового, 4) увеличение степени насыщенности основаниями: максимум характерен для экраноземов, где  $V$  составляет 99,3 %; 5) рост содержания подвижного фосфора с максимумом в экраноземах, где  $P_{2O_5}$  в 13 раз больше фонового уровня; 6) увеличение содержания  $C_{орг}$  до 17,8 % в техноземах, что в 8 раз выше фонового уровня; 7) содержание  $Si$ ,  $Zn$ ,  $Mn$  и  $Fe$  максимально в хемоземах, где их коэффициенты концентрации составляют 9, 13, 1,4 и 4 соответственно. Данные тенденции сходны с процессами, характерными для почв крупных городов.

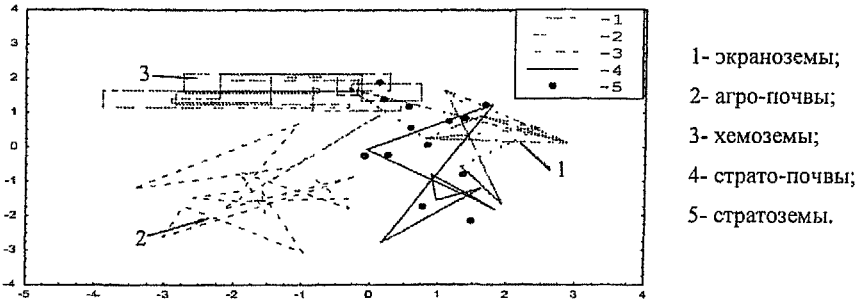


Рис 1. Взаимное расположение в системе дискриминантных координат антропогенных почв на основе анализа агрохимических показателей поверхностных горизонтов (априор  $P = 6,88$ ;  $p < 0,01$ ).

Профильное распределение ТМ в антропогенных почвах связано с типом нарушения. В результате погребения естественного профиля, изменение в распределении четко зависит от высоты насыпного слоя. В страто-почвах распределение ТМ в профиле соответствует естественному, в случае образования стратоземов происходит перераспределение элементов (в частности, это может проявляться в увеличении максимума в иллювиальных горизонтах). В целом погребенный профиль содержит ТМ меньше, чем расположенный в данный момент на поверхности, что свидетельствует о значительном временном аэрогенном поступлении ТМ.

Полностью разупорядоченный профиль собственно урбаноземов и экраноземов, характеризуется однотипными свойствами слоев. Тем не менее, поверхностные горизонты являются более загрязненными. При этом в результате запечатывания почв происходит рост и агрохимических показателей, и содержания ТМ во всем профиле.

Техназемы отличаются от глубоко преобразованных почв агрохимическими свойствами поверхностного слоя. Нейтральная реакция рН, высокое содержание  $C_{орг}$  и элементов питания (табл. 3) обуславливают нормальные для произрастания растительности условия. Содержание ТМ в данном слое не является наибольшим, максимум приходится на слой  $U_2$ , расположенный под насыпным слоем. Данные особенности урбанотехноземов формируют скрытое загрязнение, что особенно характерно для  $Si$  и  $Zn$  ( $K_c$  составляет 3,0 и 2,4 соответственно).

*Пространственный анализ.* Реставрация исходного почвенного покрова по запечатанным, погребенным и не затронутым изменениями почвам, позволила сделать вывод о греблодании на территории г. Ижевска, до развития города, дерново-подзолистых почв супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава. Среди них наибольшее распространение имеют дерново-сильнопodzолистые почвы. Помимо этого, на исследованной территории выделены: дерново-глеевые, пойменные, дерново-жарбогажные, серые лесные, болотные почвы и почвы овражно-балочного комплекса.



Таблица 3

Агрохимические характеристики и содержание ТМ поверхностных слоев  
городских почв

Почвы	рН	Н мг-экв/100г	S %	V %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/ 100 г	K <sub>2</sub> O %	C <sub>орг</sub> %	Мг/кг			
								Fe	Mn	Cu	Zn
Естественные	6,1	2,1	17,9	86,1	20,1	9,5	3,4	2534	561	3,8	27,5
Агро-почвы	6,80	1,2	19,0	93,0	33,2	28,9	8,4	3712	554	8,1	125,6
Хемоземы	7,40	1,0	46,0	98,0	16,0	21,3	10,7	17631	712	30,4	208,7
Экраноземы	6,94	0,2	40,5	99,3	51,1	19,6	1,8	2222	461	11,6	45,1
Урбаноземы	6,89	0,5	33,7	97,1	30,0	15,9	3,0	2996	391	10,4	39,7
Техноземы	6,45	0,4	44,5	99,0	35,6	13,5	17,8	3757	431	9,6	48,4

Селитебная часть г. Ижевска представлена лишь небольшими островками естественных почв в парково-рекреационных зонах, близ оврагов, рек, на пустырях (рис. 2). Антропогенные почвы распространены много шире, среди них преобладают глубоко преобразованные (урбаноземы). Большинство данных почв сформировано при перемешивании и засыпании естественных; горизонтов (турбо- и стратоземы). Агро-почвы лидируют в классе поверхностно преобразованных почв. Значительное расчленение их обусловлено сохранением в городе частного сектора и наличием садово-огородных массивов.

В центральной и северной (гор. Металлургов) частях города распространены стратоземы, сформированные в результате накопления культурного слоя. Для территории Центральной промышленной зоны (ЦПЗ) характерны хемоземы, в том числе и хемостратоземы с техногенным слоем сажи.

Техноземы распространены преимущественно в центральных районах узкими полосами вдоль крупных улиц. При благоприятном экономическом положении городского хозяйства площади данных почв должны возрастать за счет формирования искусственного гумусового горизонта на поверхности урбаноземов.

*Условия для развития растительности* в первую очередь определяются субстратом, на котором она произрастает. В урбаноземосистеме, как показал анализ трансформации почв, существенно изменилось большинство характеристик.

Естественные почвы города, даже при сохранении исходного профиля имеют свои особенности. Наиболее характерно для них уплотнение верхней части профиля., что отрицательно сказывается на воздушном режиме почвы и водопроницаемости. В результате отмечается неудовлетворительное состояние растительности вплоть до ее отсутствия. Происходит смена состава травянистой растительности, снижаются темпы возобновления древесной. Значительно изменяется мезофауна, в частности при анализе профиля прослеживается уменьшение числа дождевых червей, отсутствуют их копролиты. Процессы выглатывания влияют и на фрагментацию горизонта лесной подстилки (Ао), что нарушает процессы минерализации и изменяет круговорот веществ в биогеоценозе.

Оценивая *агрохимические показатели* дерново-подзолистых почв, можно отметить в большинстве положительные тенденции (табл. 3). От фоновых почв их отличает заметный рост всех показателей кроме гидролитической кислотности, закономерно уменьшившейся с ростом рН. Такие изменения благоприятны для большинства растений, способствуют развитию травянистой растительности и активизации дернового почвообразовательного процесса.

Для растений, произрастающих на естественных городских почвах, наибольшую опасность представляет загрязнение Zn, поступление Си на данном этапе можно отме-

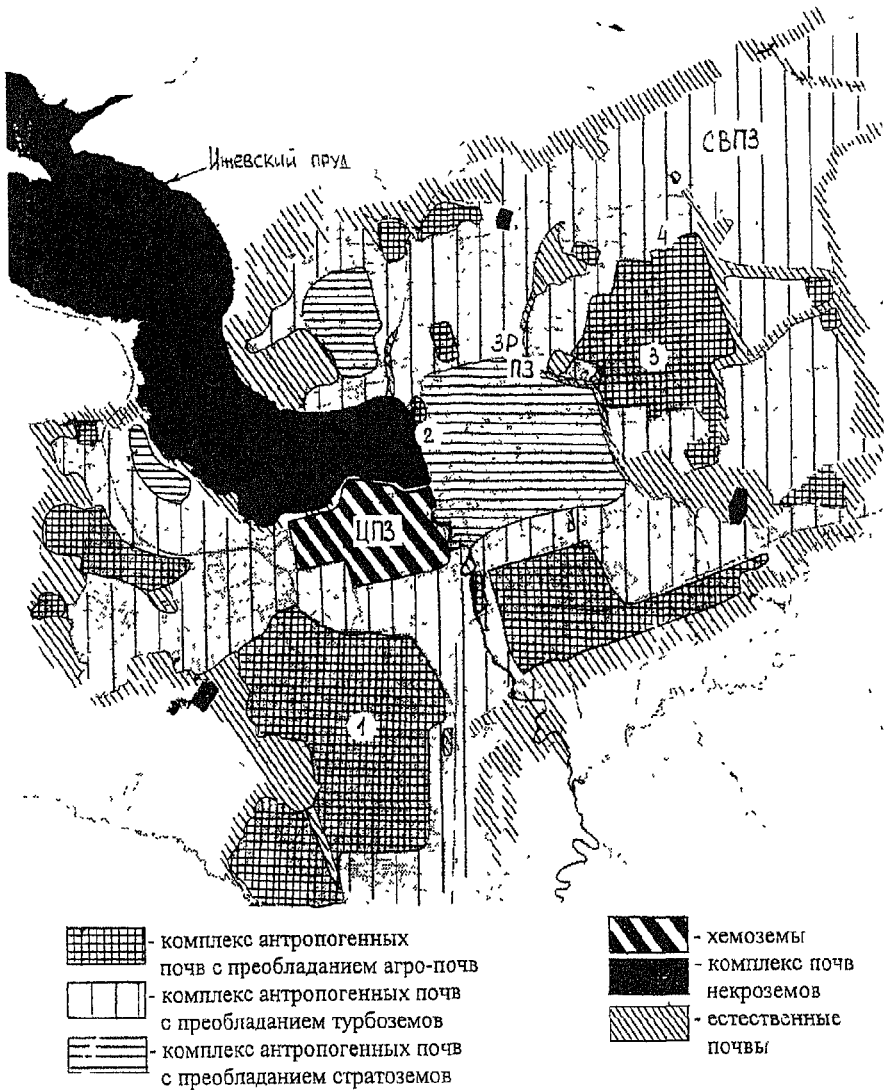


Рис. 2 Карто-схема современного почвенного покрова г. Ижевска

тить как благоприятное, содержание Мп и Fe в почвах, за исключением хемоземов, близко к фону (табл. 3).

**Антропогенные почвы.** Механическое разрушение естественных почв приводит к формированию различных по *морфологии* типов профиля. Наименьшее отрицательное влияние физических нарушений отмечается для агро-почв, где присутствует лишь незначительное уплотнение. Кроме этого, происходит объединение дернового ( $A_1$ ) и подзолистого ( $A_2$ ) горизонтов в единый, гомогенный по структуре, обогащенный органическим веществом слой мощностью до полуметра, что можно отметить как положительную тенденцию.

В случае погребения естественной почвы ситуация может изменяться неоднозначно. При насыпании слоя торфосмеси на естественный профиль (что встречается; редко), состояние корнеобитаемого горизонта улучшается по физическим и химическим параметрам. В результате погребение исходной почвы под наслоениями минерального состава показатели верхнего горизонта менее благоприятны для растений, тем не менее, они характеризуются как вполне оптимальные. Сохранение естественного профиля играет положительную роль, при малой мощности насыпи она приобретает черты аккумулятивного горизонта и составляет с нижележащим горизонтом  $A_1$  единый увеличенный корнеобитаемый слой. В случае значительного изменения почвенных характеристик, может произойти смена типичных сообществ, в частности при захламлении поверхности нередко формируются рудеральные фитоценозы.

Трансформация профиля исходных почв с уничтожением естественных горизонтов приводит к образованию уплотненного, захламленного и в большинстве плохо аэрируемого профиля. Наблюдается нарушение в распределении влаги и возможность проявления провальной влагоемкости. Даже при отсутствии твердых покрытий и наличии растительности для профиля урбаноземов отмечено слабое развитие корневых систем, уменьшение и отсутствие следов жизнедеятельности мезофауны.

*Агрохимические показатели* различных видов антропогенных почв довольно значительно отличаются, тем не менее, их на данном этапе в большинстве случаев можно отнести к благоприятным (табл. 3). Наиболее обособлены почвы длительно и однотипно используемые (рис. 1), причем изменения могут быть как положительными (агропочвы), так и отрицательными (хемоземы). Улучшения агрохимических характеристик можно добиться землеванием, в случае подготовки почвы к посадке травянистых растений, 20 см слоя может оказаться вполне достаточно для их нормально развития.

Запечатывание почв ведет к значительному изменению их свойства. Высокая обеспеченность погребенных слоев подвижным фосфором и калием позволяет рассматривать экраноземы как своеобразное депо питательных элементов для придорожных насаждений.

Содержание *тяжелых металлов* среди антропогенных почв максимально в хемоземах (табл. 3). Сочетание высокой концентрации ТМ в почве и их значительного аэрогенного поступления отрицательно сказывается на растениях. Это проявляется в морфологических изменениях растений (ксероморфные признаки) и в накоплении ими ТМ.

Для полностью преобразованного профиля отмечается рост концентрации ТМ не только с поверхности, но и до глубины залегания почвообразующей породы, однако, среднее содержание элементов в антропогенном профиле не превышает ПДК. Накопление ТМ характерно для профиля запечатанных почв, так как экраноземы сохраняют поступившие в них элементы более длительный срок в виду значительного снижения промывного водного режима. Учитывая их участие в питании придорожных насаждений можно рассматривать запечатанные почвы как источник долговременной опасности.

**Техноземы.** Формируемый в результате землевания слой позволяет отнести большинство реплантоземов города к слабогумусированным, он может обеспечить нормальное развитие только травянистой растительности.

Результаты *агрохимического анализа* свидетельствуют о самых благоприятных почвенных условиях (табл. 3), не так оптимистична картина содержания ТМ. Отмечается более чем трехкратное превышение фонового уровня содержания Zn и Си в поверхностном горизонте (табл. 3). Ситуация была бы еще более опасной, если бы не было периодического обновления органического слоя. Нижележащие слои загрязнены еще сильнее, наблюдается превышение ПДК для цинка. Данные особенности техноземов свидетельствуют о необходимости проведения профильного анализа, особенно при высадке деревьев и кустарников.

На основании изложенного можно констатировать, что уничтожение естественного почвенного профиля приводит к изменению физических характеристик почвы в сторону ухудшения условий произрастания растений (уплотнение, потеря порозности, изоляция почв под твердыми покрытиями, нарушение газообмена, утрата почвенной фауны, нарушение процессом гумификации и т.д.).

В используемых для выращивания растений агро-почвах, урбано-почвах и урбано-техноземах (газоны) нет недостатка фосфора и калия, они не нуждаются в известковании и имеют достаточно высокое содержание  $C_{орг}$ , что свидетельствует о благоприятных для произрастания растительности условиях.

Для всех изученных почв опасность загрязнения на данном этапе связана в основном с накоплением Zn. В связи с его очень высоким содержанием в агро-почвах (табл. 3) необходимо проведение дополнительных исследований для выявления экологической опасности загрязнения выращиваемых продуктов питания.

#### **ГЛАВА 5. Характеристика загрязнения поверхностных слоев почвенного покрова города Zn, Fe, Си и Mn**

Исследование почв города выявило существенные отличия содержания ТМ в различных видах городских почв. Основными характеристиками, определяющими степень загрязнения почв, являются: степень трансформации, во многом определяемая особенностями использования территории, то есть городским ландшафтом и расположение почв относительно источников выбросов.

Почвы различных *городских ландшафтов* имеют четкие отличия между собой и по агрохимическим характеристикам и по содержанию ТМ, что подтверждается результатами дисперсионного анализа. К наименее трансформированным относятся почвы парково-рекреационной зоны, к наиболее измененным - почвы промышленных территорий, это четко прослеживается и по накоплению ТМ (табл. 4).

**Таблица 4**

#### **Агрохимические параметры и содержание ТМ в почвах городских ландшафтов**

Тип городского ландшафта	pH	H	S	V	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C <sub>орг</sub>	Fe	Mn	Cu	Zn	Zc
		мг-экв/100 г		%	мг/100 г		%	Кс				
Парково-рекреационный	6,4	2,3	30,9	91,7	16,2	22,8	6,7	0,9	1,2	2,0	4,2	5,4
Агро-селитебный	6,8	1,2	19,0	93,0	33,2	28,9	8,4	0,9	1,1	2,4	7,9	9,2
Селитебный сел. типа	7,0	1,7	35,9	95,6	28,8	27,6	4,9	1,0	1,1	3,5	6,1	8,5
Селитебный гор. типа	6,8	1,1	34,8	96,4	27,5	26,3	5,6	0,9	0,9	2,4	3,5	4,4
Селитебно-транспортн.	7,0	0,6	39,5	97,6	28,6	21,4	7,4	1,1	1,2	3,4	4,7	6,9
Транспортный	7,2	0,6	37,3	98,3	26,2	23,9	4,8	1,1	1,0	5,5	5,1	9,4
Промышленный	7,4	1,0	46,0	98,1	16,0	21,3	10,7	4,0	1,4	9,0	13,1	24,3

Помимо особенностей городского ландшафта содержание ТМ определяется расположением почв относительно источников поступления загрязнителей и ветровым режимом. Данный факт четко фиксируется при рассмотрении агро-почв расположенных по трансекте соответствующей направлению преобладающих в городе юго-западных ветров (рис. 3).

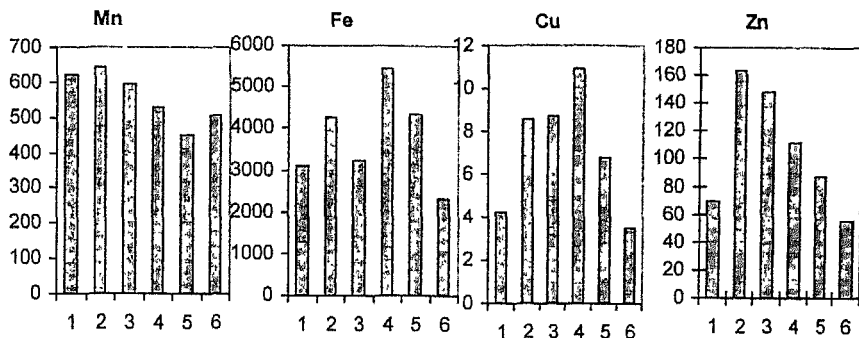


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в агро-почвах по направлению преобладающих ветров: юго-запад - северо-восток.

№ 1-4 - почвы отобраны в сежительной части города, районы указаны на рис. 2; № 5 - Северо-восточная окраина города (с/о Юбилейный, Прудовый, Пазелинка); № 6 - почвы отобраны на с/о "Березка", расположенном за северо-северо-восточной границей города.

Уровни загрязнения свидетельствуют о значительном воздействии на почвы города Центральной промышленной зоны (ЦПЗ на рис. 2). Другие промышленные объекты также влияют на прилегающие территории, в частности выбросы завода «Редуктор» и Подшипникового завода (ЗР и ПЗ на рис. 2) отражаются даже на почвах прилегающего транспортного ландшафта. На отрезке ул. Удмуртской близ данных производств содержание Си достоверно выше в 1,3 и 2,8 раза ( $p < 0,05$ ), чем на прилегающих участках. Воздействие промышленных выбросов выявлено также для территорий прилегающих к Северо-Восточной промышленной зоне.

Значительное влияние на почвы города оказывает и транспорт, необходимо отметить щелочное рН и высокое содержание Си, Zn и Fe в почвах автотранспортного ландшафта. Для него и в городе характерна зональность по распределению ТМ, однако, большую роль в осаждении выбросов играют здания, близ которых отмечается максимумы накопления Zn и Fe.

Анализ *пространственных особенностей загрязнения* почв ТМ свидетельствует о том, что огромное значение в геохимической обстановке города играет ЦПЗ, расположенная на плотине Ижевского пруда (рис. 2). Ее развитие началось с момента формирования города на основе Ижевского железодельательного завода в 1760 г.

К наиболее загрязненным относятся старые районы ЦПЗ и прилегающие к ним территории (рис. 4). При этом прослеживается влияние на загрязнение почвенного покрова ветрового режима.

Критическая ситуация отмечается по накоплению Zn. Предельно допустимая концентрация превышена на большей территории города - 51 % почв ( $>5$  ПДК - 7 % почв). Превышение фонового уровня на большей части Ижевска составляет 4-8 раз.

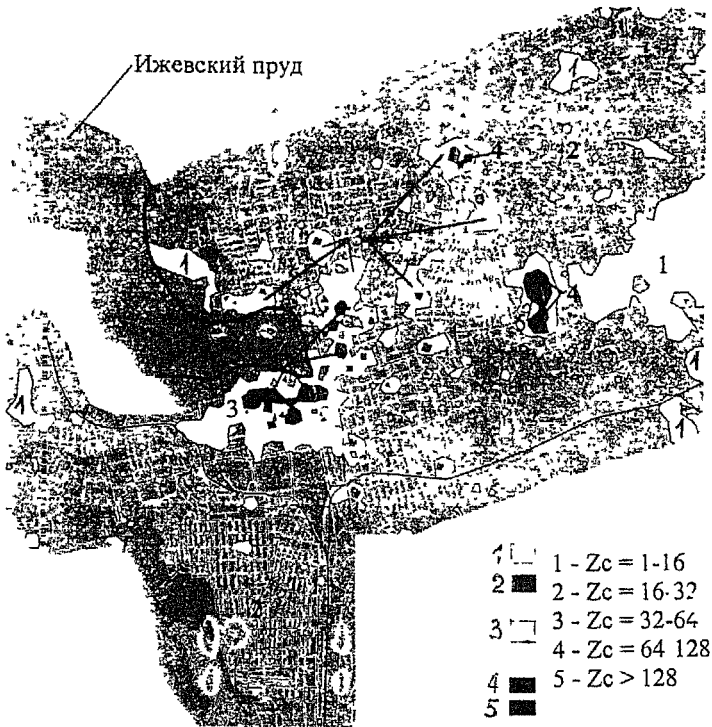


Рис. 4. Суммарное загрязнение почв г. Ижевска исследуемыми элементами.

Средний уровень загрязнения Zn сопоставим с данными по г. Москве. В большинстве почв г. Ижевска ПДК для Си не превышен ( $>$ ПДК - 4 % почв), фоновое содержание характерно для 26 % почв. На большей площади города концентрации Fe фоновые (56 % почв). Геохимическую аномалию для Fe можно выделить лишь в пределах ЦПЗ, ее формирование обусловлено преобладанием здесь металлургического промышленного комплекса. Содержание Mn в почвах Ижевска для большинства почв характеризуется как фоновое и ниже -55 % почв.

Для *растительного покрова* наибольшую опасность в г. Ижевске представляют почвы промышленного и транспортного ландшафтов (табл. 4), особенно с учетом существующего загрязнения почв и современной аэрального поступления ТМ (гл. 6). Для здоровья городского населения важно также загрязнение ТМ почв агро-селитебного ландшафта, особенно Zn (коэффициент токсичности 1,5). Высокое содержание его требует контроля за выращиваемой продукцией.

При проведении озеленительных мероприятий необходим обязательный учет как особенности загрязнения почв городских ландшафтов, так и современного поступления ТМ. Помимо этого существуют отличия отдельных экотопов в рамках одного ландшафта, что также необходимо учитывать при оптимизации городской среды.

ГЛАВА 6. Взаимосвязь загрязнения атмосферы, растительного покрова и почв тяжелыми металлами

Почвенный покров в городе тесно взаимодействует с другими компонентами урбаносистемы. Изменение соотношения потоков ТМ можно оценить на основе анализа почвы, что дает представление о многолетнем накоплении, с дополнительным исследованием снежного (современное загрязнение) и растительного покрова (результат внекорневого и корневого поглощения ТМ).

*Снежный покров* является наилучшим естественным индикатором аэрогенного загрязнения. Наиболее информативная его характеристика - кислотность. В естественных условиях она составляет для Удмуртии в среднем - 5,2 (Заметаева, 2001). Для г. Ижевска характерно значительное понижение кислотности (табл. 5). Это обусловлено поступлением пыли ( $\text{r}[\text{pH} - \text{количество пыли}] = 0,27; \text{p} < 0,05$ ), а с пылью кальция, который определяет рост рН ( $\text{r} = 0,32; \text{p} < 0,05$ ). Данные закономерности вызывают повышение рН и в почвах города, о чем свидетельствует положительная корреляция ( $\text{r} = 0,20; \text{p} < 0,05$ ). Анионный состав снеговой воды не оказывает достоверного воздействия на ее кислотность. Максимальное рН характерно для снеговых проб отобранных близ ЦПЗ.

Таблица 5  
Содержание химических веществ в снежных выпадениях по г. Ижевску, п = 111

Показатели	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Ошибка среднего
Сu, мг/л	0,045	0,031	0,000	0,293	0,048	0,004
Zn, мг/л	0,568	0,398	0,000	4,548	0,567	0,054
Fe, мг/л	4,294	2,068	0,000	60,317	8,239	0,779
Ca, мг/л	1,620	1,256	0,000	10,450	1,363	0,129
Mn, мг/л	0,087	0,087	0,002	0,699	0,14	0,01
pH	6,14	6,21	4,68	7,77	0,53	0,05
Cl, мг/л	2,29	1,97	1,20	7,24	0,91	0,10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	2,32	2,30	1,17	3,31	0,37	0,03
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	0,072	0,057	0,000	0,379	0,061	0,006
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	1,52	1,19	0,38	5,63	1,00	0,10

Наименьшая пылевая нагрузка в г. Ижевске отмечена для южного и западного районов, что согласуется с розой ветров. Максимальное поступление пыли характерно для территорий прилегающих к ЦПЗ (26 г/м<sup>2</sup> в год). Отмечаемое в гигиенических нормативах как критическое выпадение пыли (600 кг/км<sup>2</sup> в сутки) в г. Ижевске не отмечено, максимум составил 482 кг/км<sup>2</sup> в сутки близ ЦПЗ.

Анализ накопления элементов в снежном покрове города (табл. 5) свидетельствует о многократном превышении фоновых выпадений ТМ. Концентрация ТМ в растворимой и нерастворимой части снежных выпадений значительно отличается, максимум приходится на нерастворимые формы. Первое место по содержанию в растворенном виде занимает Zn (0,22 мг/л), в нерастворимом остатке - Fe (4,29 мг/л). Между всеми элементами прослеживаются высокие положительные корреляции, для большинства отмечено совместное поступление с пылью (табл. 6).

Среднесуточное поступление ТМ для зимнего периода составило: железо - 4,52 кг/км<sup>2</sup>, цинк - 0,390 кг/км<sup>2</sup>, марганец - 0,093 кг/км<sup>2</sup>, медь - 0,038 кг/км<sup>2</sup>.

Сравнение современного уровня выявленного по снегу и многолетнего загрязнения фиксируемого по почвам, свидетельствует об устойчивом загрязнении урбанозкосистемы. Выявлены низкие, но достоверные корреляции для Fe ( $\text{r} = 0,20; \text{p} < 0,05$ ) и Si ( $\text{r} = 0,19; \text{p} < 0,05$ ). Для Mn и Zn таких взаимосвязей не выявлено.

Корреляционные зависимости между содержанием ТМ и пыли в снежных выпадениях г. Ижевска

	Zn	Cu	Fe	Mn	Пыль
Zn	1	0,379	0,619	0,582	0,174*
Cu	0,379	1	0,497	0,483	0,238
Fe	0,619	0,497	1	0,559	0,256
Mn	0,582	0,483	0,559	1	0,239
Пыль	0,174*	0,238	0,256	0,239	1

\* - незначимые корреляции.

Высокое содержание Мп в почве скорее обусловлено естественным биологическим накоплением, что подтверждает сравнение естественных и антропогенных почв. Для Zn, возможно, это результат изменения источников и (или) объемов выбросов.

Загрязнение растительного покрова в городской среде происходит двумя способами: путем корневого поглощения элементов и в результате аэрогенного поступления ТМ. Необходимо отметить высокую вариабельность содержания элементов в древесных породах города, что свидетельствует о наличии техногенного воздействия не только на состав почв, но и на растительность.

Наиболее высокие концентрации ТМ отмечены для *Picea excelsa* и *Pinus sylvestris* (Мп и Fe); *Betula pendula*, *Tilia cordata* и *Populus balsamifera* (Си и Zn). В качестве наименее накапливающих ТМ пород необходимо назвать *Sorbus aucuparia* и *Acer negundo*.

Для исследованных пород характерны отличия в корреляционных взаимосвязях между содержанием ТМ в растении и в почве. Наиболее четкие корреляции прослеживаются для марганца в хвойных породах ( $r=0,54-0,76$ ). У большинства лиственных пород отмечается положительная взаимосвязь между концентрацией Fe в почве и растении ( $r=0,23-0,96$ ). Для Си и Zn общих закономерностей не выявлено. Таким образом, содержание ТМ в почвах во многом определяет их накопление растительностью, однако это зависит и от видовой принадлежности.

Цинк - элемент повышенной концентрации (Ильин, 1991), однако его содержание в большинстве исследованных древесных пород, при существующем загрязнении почв (гл. 5), не выходит за пределы нормального. К породам в целом незначительно его накапливающим относятся *Pinus sylvestris* и *Acer negundo*.

Несмотря на отсутствие для большей части города загрязнения Fe, по результатам почвенного обследования (гл. 5), анализ растений показал многократное превышение фонового уровня, особенно для *Picea excelsa* и *Pinus sylvestris* (табл. 7). Для хвойных пород разница составляет от 3 до 8 раз. Предельное (максимальное) содержание для Fe превышено в хвойных породах г. Ижевска в 1,3-2,2 раза.

Таким образом, обследование растительности выявило присутствие на территории города положительной аномалии по Fe. Это может быть результатом аэрогенного поступления элемента, так как по доле в снежных выпадениях Fe занимает первое место (табл. 5), а хвойные породы имеют более высокую площадь для аэрогенного поступления. Однако прямой взаимосвязи накопления ТМ в снеге и в растениях не наблюдается. Выявлены также четкие отличия западной и восточной части г. Ижевска по накоплению Fe в лиственных породах (307 и 483 мг/кг соответственно при  $p=0,003$ ).

Одним из универсальных показателей состояния для всех растений является соотношение в них Fe и Мп. В фоновых условиях его значение для большинства видов близко и составляют 0,05-0,2. В городе это соотношение в десятки и сотни раз выше фонового. Для г. Ижевска оно колеблется от 1,4 до 8,1, что соответствует удовлетворительному состоянию для всех пород.



Таблица 7

Содержание тяжелых металлов (С) и коэффициент накопления (Кн) в хвойных и лиственных породах г. Ижевска, мг/кг сух. массы.

	Марганец		Железо		Медь		Цинк	
	С	Кн	С	Кн	С	Кн	С	Кн
<i>Picea excelsa</i>	288	0,65	1438	0,57	8,1	4,9	82	9,1
<i>Pinus sylvestris</i>	248	0,36	772	0,20	5,9	1,5	74	4,4
Хвойные	268,3	0,25	1105	0,17	7,0	5,5	77,7	8,7
<i>Betula pendula</i>	198	0,41	621	0,26	9,2	1,9	170	15,8
<i>Acer negundo</i>	51	0,13	414	0,16	8,3	2,8	56	4,9
<i>Tilia cordata</i>	199	0,33	338	0,13	12,0	12,4	108	3,0
<i>Sorbus aucuparia</i>	163	0,34	225	0,10	5,9	4,2	57	11,0
<i>Populus balsamifera</i>	53	0,13	484	0,18	9,8	9,1	145	2,7
Лиственные	123,4	0,51	423	0,39	9,2	3,2	97,4	6,7

На фоне отсутствия отмечаемого рядом авторов понижения содержания Мп в растениях, очевидно, что растительность значительно накапливает Fe, как один из продуктов техногенеза.

Оптимизация условий роста и развития растительности в урбаноэкосистеме требует постоянного контроля за всеми исследованными характеристиками почв. Два основных направления в данной работе это, во-первых, снижение отрицательного воздействия города на почвы и, во-вторых, ликвидация уже существующих негативных явлений.

К первой группе необходимо отнести мероприятия по сохранению естественных почв или уменьшению их нарушений в результате строительных и ремонтных работ, снижение объемов и токсичности химических выбросов.

Вторым шагом является собственно ликвидация отрицательных последствий функционирования города и в большинстве разработок она затрагивает лишь ТМ. Между тем, в городе необходима также оптимизация физических и агрохимических показателей почв. Для улучшения условий развития растений необходимо "строительство" почвы. В настоящее время, данное направление ограничивается лишь созданием слоя торфосмеси на поверхности преобразованных почв, но повышенная каменность, захламленность профиля также влияет на растения, особенно древесные.

Для ликвидации последствий загрязнения ТМ используются два подхода: 1) методы снижения их доступности для растений и 2) более кардинальные методы, связанные с удалением ТМ из корнеобитаемого слоя.

Первая группа методов, в связи с особенностями урбаноэкосистемы, является в городе практически бесполезной. Так как используемые для снижения подвижности ТМ приемы (особенно известкование, фосфорирование и внесение органических веществ) уже реализованы человеком, хотя и ненамеренно (гл. 4 и 5).

Второй подход включает разносторонние методы от механического удаления загрязненного слоя, до применения различных химических веществ для выщелачивания ТМ. Уровень загрязнения ТМ почв города, даже в пределах ЦПЗ, не требует физического удаления почвы (данный метод рекомендуется при загрязнении выше 100 ПДК). Промывка почв реагентами не только трудоемка и дорогостояща, но и создаст возможность загрязнения ТМ грунтовых вод, что при наличии в г. Ижевске более 60 родников, может быть опасно.

В качестве наиболее безопасного и перспективного метода в городе необходимо отметить фитомелиорацию. Данный прием имеет наиболее низкие материальные затра-

ты, не изменяет другие характеристики почв, препятствует эоловому и водному распространению ТМ и позволяет сохранять декоративный вид территории.

## ВЫВОДЫ

1. Почвы природных экосистем селитебной части г. Ижевска представлены в основном дерново-сильнопodzolistыми почвами супесчаного (48 %) и легкосуглинистого (32 %) гранулометрического состава. Антропогенное воздействие на них связано, главным образом, с уплотнением верхней части профиля. Геохимического влияния города на макроморфологические характеристики данных почв не наблюдается.

2. В результате развития г. Ижевска отмечается замена естественного почвенного покрова антропогенным с преобладанием урбаноземов, сформированных путем турбирования и насыпания, нередко с последующим запечатыванием. При этом стратоземы, в отличие от турбоземов, тяготеют к центральной части города, где их формирование обусловлено накоплением культурного слоя, достигающего 120 см.

3. Дифференциация профиля дерново-подзолистых почв по агрохимическим параметрам и содержанию тяжелых металлов в результате развития города не изменилась, однако, наблюдается значительный рост исследованных показателей в гумусовом горизонте и изменение их во всем профиле. В случае погребения естественной почвы поверхностный антропогенный слой выступает в роли аккумулятивного. Изменение распределения химических параметров в исходном профиле зависит от мощности насыпного слоя (более или менее 50 см).

4. Механические нарушения естественных почв обуславливают значительную гетерогенность и гетерохронность формируемых слоев. При этом создается однотипный по агрохимическим показателям: антропогенный профиль с увеличением количественных характеристик всех исследованных параметров, особенно в поверхностных слоях, ft макроморфологическом уровне признаков естественного почвообразования в антропогенных почвах не выявлено.

5. В случае запечатывания механически нарушенных почв твердыми покрытиями значительно изменяется большинство характеристик поверхностных слоев. Наличие эскранирующих поверхностей определяет и более равномерное распределение химических показателей в антропогенном профиле за счет отсутствия промывного водного режима.

6. Трансформация почвенного покрова ведет к изменению условия произрастания растений, что при значительном механическом или химическом воздействии может привести к смене состава урбанофитоценоза.

7. Современное загрязнение почв связано с аэрогенным поступлением всех изученных элементов, в особенности железа и цинка. Многолетнее поступление в почвы города тяжелых металлов привело к опасно высокому содержанию в почвах только кислоторастворимого цинка. К наиболее загрязненным территориям в пределах города необходимо отнести хемоземы Центральной промышленной зоны, которая является наиболее крупным поставщиком всех исследованных элементов (коэффициент концентрации для Zn, Cu, Fe и Mn составляет в среднем 13; 9; 4 и 1,4 соответственно).

8. Загрязнение почв города тяжелыми металлами носит в большинстве устойчивый характер. При этом выпадение цинка привело к опасному уровню загрязнения с превышением ПДК (51 % почв); значительного накопления меди в большинстве почв не наблюдается (4 % почв с превышением ПДК); загрязнение железом маскируется его высоким фоновым содержанием, характерным для большинства почв города (56 % почв); загрязнение почв марганцем носит локальный характер: фоновое содержание характерно для 55 % почв.

9. Среди исследованных тяжелых металлов только для железа техногенное поступление отразилось на химическом составе растений, что особенно ярко проявляется

у хвойных пород. При относительно высоком содержании цинка в почвах превышения нормального его содержания в древесных породах не отмечалось, что связано, возможно, с высокими защитными свойствами растений, произрастающих в условиях города.

#### **РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. При озеленении территории г. Ижевска, особенно при высадке древесных и кустарниковых пород, необходим учет морфологического строения почв. Наличие высокой каменистости, захламленности профиля, неблагоприятного расположения слоев (по гранулометрическому составу) и т. д., необходимо устранять. Для создания оптимального строения почв, возможно конструирование всего профиля.

2. При организации землеустроительных и строительных работ рекомендуется сохранения естественного сложения почв, как под антропогенными наслоениями, так и под твердыми покрытиями. Это более благоприятно для развития древесной растительности, чем кардинальная перестройка почвенного профиля.

3. Высокое содержание в почвах разной степени нарушенное™ подвижных форм фосфора и калия, обуславливает отсутствие необходимости дополнительного внесения соответствующих удобрений.

4. Значительное преобразование почв промышленных и транспортных ландшафтов требует не только соответствующего подбора высеваемых растений, но и использования их, (а возможно и грибов) в качестве фитомелиорантов.

5. Высокую запыленность ряда районов города, значительные выпадения ТМ на поверхность и сильное загрязнение почв, в частности цинком (результаты представлены на соответствующих картах), необходимо учитывать при планировании и строительстве оздоровительных и медицинских учреждений, детских садов, школ и других объектов.

6. Результаты исследования могут быть использованы для экономической оценки почв города, поскольку их ценность зависит от местоположения, степени нарушенности, уровня загрязнения, необходимости проведения восстановительных мероприятий, возможности строительства оздоровительных учреждений, пригодности почв для выращивания растительной продукции, затраты на обеспечении ее экологической безопасности.

#### **СПИСОК РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Рылова Н.Г., Янзытова М.А. К морфологии и агрохимии почв города Ижевска // Тез. докл. 5-й Росс. Универс-акад. науч.-практ. конф. 4.6. / Отв. ред. В.А. Журавлев, С.С. Савинский. Ижевск, 2001. С. 91-92.

2. Рылова Н.Г. Содержание подвижных форм меди, железа, цинка и марганца в различных почвенных горизонтах и слоях на территории города Ижевска // Тез. докл. 5-й Росс. Универ.-акад. науч.-практ. конф. Ч.б. / Отв. ред. В.А. Журавлев. С.С. Савинский. Ижевск. 2001, С. 92-93.

3. Рылова И.Г. К вопросу о деградации почвенного покрова в условиях города Ижевска // Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия / Матер. Первой междунар. науч. конф. (24-28 сентября 2001г, г. Ставрополь). Ставрополь, 2001. С. 191-192.

4. Рылова Н.Г., Кузнецов М.Ф. Классификационные и морфологические особенности почв города Ижевска// Вестник Удм. ун-та. 2001. №5. С. 72-80.

5. Рылова Н.Г., Глушко И.А. Изменение агро-геохимического состояния почв различного типа использования в условиях крупного промышленного центра // Эволюция и деградация почвенного покрова / Мат. Второй междунар. науч. конф. (17-19 сентября 2002г, г. Ставрополь). Ставрополь, 2002. С. 67-71.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

Подписано в печать 12.02.2003 г.

Тираж 100. Заказ № 340.

Типография Удмуртского госуниверситета.  
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4.