



На правах рукописи

ЛОЖКИН Игорь Витальевич

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВ  
В ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ УРБАНИЗАЦИИ (на примере г.Оренбурга)**

25.00.36 - Геоэкология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Оренбург 2005

Работа выполнена на кафедре физической географии Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный педагогический университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,  
заслуженный деятель науки РФ  
Климентьев Александр Ильич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,  
профессор  
Русанов Александр Михайлович

доктор географических наук,  
старший научный сотрудник  
Тихонов Вячеслав Евгеньевич

Ведущая организация: Башкирский государственный  
аграрный университет

Защита состоится «1» марта 2005 года в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета КР 212.181.63 в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» по адресу: 460018, г.Оренбург, пр.Победы, 13, ауд. 4а 116.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

Автореферат разослан «29» января 2005 года

Ученый секретарь диссертационного  
совета, кандидат географических наук



Ахметов Р.Ш.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность работы.* В составе современного почвенного покрова Земли быстро увеличивается доля почв, в формировании которых ведущая роль принадлежит антропогенным факторам. Урбанизированные территории представляют особый уникальный тип природно-технических геосистем, в пределах которых как в фокусе сконцентрировано максимальное разнообразие видов воздействий человека на почву. В последнее десятилетие в отечественном почвоведении произошло осознание того, что городские почвы по своей пространственно-временной организации и структурно-функциональной роли в урбогеосистеме представляют собой принципиально новый объект исследования, требующий применения новых методологических подходов к их изучению. Хотя городские почвы не всегда подходят под классическое докучаевское определение почвы как особого естественно-исторического тела природы, тем не менее, они остаются поверхностной многофазной биокосной системой, выполняющей, по мнению академика РАН Г.В.Добровольского, роль базовой составляющей городской системы, осуществляя ряд важнейших экологических функций и определяя, в значительной степени, формирование условий жизни человека в городе.

Представления об экологической полифункциональности городских почв значительно расширяют круг исследовательских задач и обуславливают необходимость более глубокого, чем было принято ранее, изучения процессов формирования их качественного состояния, количественных параметров этих процессов и их пространственно-временной изменчивости. Преодоление противоречия между очевидной значимостью почв в функционировании урбогеосистемы и недостаточностью информационного обеспечения для их объективной, научно обоснованной геоэкологической оценки, составило содержательную сущность настоящей работы. Особую актуальность комплекс указанных проблем имеет для г.Оренбурга, являющегося крупным промышленным центром Южного Урала и характеризующегося весьма напряженной экологической обстановкой.

*Цель исследования* - выявление и анализ закономерностей антропогенной трансформации почв г.Оренбурга как базового компонента городских природно-технических систем (техногеосистем) и геоэкологическая оценка их современного состояния.

Для достижения поставленной цели предусматривалось теоретическое обоснование и решение следующих *задач*:

- анализ основных итогов почвенно-экологических исследований урбанизированных территорий и выявление специфики теоретических и методических подходов к их изучению;
- анализ и оценка природных условий и антропогенных факторов почвообразования в пределах техногеосистем г.Оренбурга;

- изучение морфологических, важнейших физико-химических и биоэкологических свойств основных типов городских почв и их трансформации под влиянием урбаногенных нагрузок;
- эколого-геохимическая характеристика загрязнения городских почв тяжелыми металлами и органическими веществами;
- изучение специфики пространственной организации почвенного покрова города на основе картографического моделирования;
- разработка системы диагностических показателей экологического состояния почв г.Оренбурга как компонента городских техногеосистем.

*Объектом исследования* является почвенный покров территории г.Оренбурга как совокупность в различной степени преобразованных естественных почв и почвоподобных искусственно-созданных образований, функционирующих в условиях городских техногеосистем.

*Предмет исследования* - особенности формирования, характер и глубина антропогенной трансформации, степень пространственной неоднородности и экологическое состояние почв и почвенного покрова, с учетом их функциональной роли в урбогеосистеме.

*Теоретические положения* диссертации базируются на современных представлениях в почвоведении и географических науках о процессах антропогенной трансформации ландшафтов и почв (в т.ч. в условиях города), экологических функциях почв в биосфере и экосистемах, геоэкологических проблемах и их диагностики и картографировании, устойчивости геосистем и почв к техногенным воздействиям и ряде других направлений, основы которых заложены в работах М.Н.Строгановой, Г.В.Добровольского, Е.Д.Никитина, М.А.Глазовской, А.И.Перельмана, Н.С.Касимова, Н.П.Солнцевой, А.П.Геннадиева, А.Г.Исаченко, Б.И.Кочурова, В.З.Макарова и других ученых.

*Методы исследования и информационная база.* В процессе выполнения работы использовался комплекс традиционных для современного почвоведения и смежных географических наук методов (полевых, лабораторно-аналитических, картографических и др.). Основу содержания диссертации составили результаты полевых исследований, проводившихся в течение 1999-2003 гг. и включавшие маршрутное обследование почв, морфологическое описание почвенных профилей на ключевых участках с отбором проб по выделенным горизонтам (слоям). В образцах исследуемых почв определялись следующие показатели: гранулометрический состав, реакция почвенного раствора (рН водный), содержание гумуса, емкость поглощения, содержание обменных оснований, подвижных форм фосфора и калия, легкорастворимых солей в водной вытяжке, подвижных форм тяжелых металлов (вытяжка ацетатно-аммонийного буферного раствора с рН 4,8). Для обработки и анализа полученных результатов применялись методы математической статистики, картографический, сравнительно-географический и др.

В качестве дополнительной информационной базы в работе использованы материалы (описания и аналитические данные), полученные в ходе изучения опубликованной литературы, фондовых и архивных источников, отрасле-

вых (тематических) и топографических карт различного масштаба, а также некоторые материалы, собранные лично автором в ходе полевых и камеральных исследований, выполнявшихся в пределах города в конце 80-х - начале 90-х годов в рамках различных целевых программ и хозяйственных работ.

*Научная новизна.* Выполненные исследования позволили получить следующие новые результаты:

- впервые для территории г.Оренбурга проведено комплексное изучение закономерностей формирования почвенного покрова как сложной системы в различной степени измененных естественных почв и техногенных поверхностных почвоподобных образований;
- получена теоретически и практически ценная информация о профильном распределении важнейших свойств почв различных функциональных зон города, позволившая установить тенденции развития основных негативных почвенных процессов;
- разработана система функционально-экологической типологии городских почв и продемонстрированы возможности её использования при составлении первой карты современного почвенного покрова г.Оренбурга;
- разработана регионально адаптированная система показателей и критериев, необходимых для оценки и прогноза экологического состояния почвенного покрова города.

*Практическая значимость работы* определяется возможностью применения её результатов в качестве базовой информации для решения широкого круга прикладных задач в градостроительном проектировании; при разработке планов природоохранных мероприятий и системы регламентации режимов землепользования; совершенствовании системы экологического мониторинга городских почв и прогнозировании их состояния; оптимизации методики стоимостной оценки городских земель и расчетов ущерба, вызываемого их нарушением и др. Материалы выполненной работы используются автором в учебном процессе при подготовке специалистов естественно-географического профиля в Оренбургском госпедуниверситете по дисциплинам «Геоэкология», «География почв с основами почвоведения», «Землеведение», областном институте повышения квалификации учителей, городском эколого-биологическом центре, с целью повышения экологической направленности образовательных программ и привлечения широких слоев городского населения к решению проблем оздоровления городской среды в целом и почвенного покрова в частности.

*Апробация работы.* Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались: на ежегодных научно-практических конференциях преподавателей и аспирантов Оренбургского госпедуниверситета (2001-2004), на международной научной конференции «Физико-географические аспекты изучения урбанизированных территорий» (Ярославль, 1992), на областной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения В.В.Докучаева (Оренбург, 1996), на международной конференции «Роль почвы в формирова-

нии естественных и антропогенных ландшафтов» (Казань, 2003), на III международном симпозиуме «Степи Северной Евразии» (Оренбург, 2003), на IV съезде Докучаевского общества почвоведов (Новосибирск, 2004). По теме диссертации опубликовано 12 работ.

*Структура и объем диссертации.* Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 167 наименований и приложения. Общий объем диссертации 193 страницы, в том числе 26 рисунков, 12 таблиц и 4 приложения.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Теоретические и методические аспекты изучения почвенного покрова в условиях урбанизированных техногеосистем

Городские почвы как один из фрагментов современной педосферы Земли представляют, во многих отношениях, специфический объект научного анализа. В главе дается краткий обзор развития почвенно-экологических исследований урбанизированных территорий (УТ), начиная с работ основоположников гигиенической науки второй половины 19 века (Ф.Ф.Эрисман, А.П.Доброславин, В.Португалов, М.Петтенкофер, К.Флюгге и др.) и В.В.Докучаева, до концептуальных подходов последних десятилетий, когда, по сути, произошло обособление нового направления в почвоведении, в основе которого лежит представление об урбопедогенезе (М.Н.Строганова, 1998) как совокупности природно-техногенных процессов почвообразования и форм их проявления на территории города.

Принципиально важное методологическое значение в «городском почвоведении» имеет решение классификационной проблемы, позволяющее уже на стадии постановки исследований конкретно определить «объекты оценки» (что оценивать) и «субъекты оценки» (для чего оценивать), и тем самым, привести получаемую почвенно-экологическую информацию к логически сопоставимому виду. Учитывая отечественный и зарубежный классификационный опыт и результаты собственных исследований, предлагается рабочий вариант систематики городских почв в виде эколого-функциональной модели урбопедогенеза. Суть предлагаемого подхода - во введении в качестве диагностической основы разделения и группировки городских почв функционально-факторных критериев наравне с субстантивными параметрами. Отбор признака на той или иной ступени классификации определяется ролью характеризующего им фактора в дифференциации почвенного покрова и в определении свойств почв на этой ступени. Номенклатура антропогенных модификаций городских почв нами заимствована, в основном, из работ М.Н.Строгановой с соавт. (1992, 1997), в которых данная проблема рассмотрена наиболее всесторонне, и имеющих в нашей стране приоритетный характер.

В заключительном разделе изложена общая организационно-методическая структура и содержание основных этапов проведенных исследований.

## **Глава 2. Анализ и оценка геоэкологических условий почвообразования на территории г.Оренбурга**

Формирование почвенного покрова (ПП) города протекает в условиях сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов при ведущей роли последних, которая проявляется как в прямом физическом или химическом воздействии, так и косвенно через измененные в различной степени природные компоненты.

В геолого-геоморфологическом отношении территория города представляет типичную для юго-востока Русской платформы эрозионно-денудационную равнину плиоцен-четвертичного возраста. Поверхность сложена горными породами трех стратиграфических комплексов: коренными породами татарского, казанского и уфимского ярусов верхней перми, морскими отложениями верхнего плиоцена и четвертичными покровными образованиями разного генезиса, являющимися главным почвообразующим субстратом, во многом определяя геохимическое состояние почв. Широко развит аккумулятивный рельеф, представленный долинами рек Урала и Сакмары, окаймляющими город с южной, западной и северо-западной сторон.

Метеоклиматические условия, характеризующиеся ярко выраженной континентальностью, способствуют формированию непромывного типа водного режима почв, ослабляя интенсивность миграции химических веществ (в т.ч. и техногенных) в почве и в системе геохимически сопряженных ландшафтов. Фоновые показатели гидротермических условий определяют относительно низкие значения потенциала самоочищения почв, главным образом, за счет недостаточного увлажнения.

Поверхностные и подземные воды находятся в сложных обратимых взаимоотношениях с почвами и оцениваются как важнейшая среда миграции химических элементов и фактор формирования эколого-геохимического состояния почвенного покрова. Водная система города представлена реками Уралом и Сакмарой (средний объем годового стока 2,6 и 3,9 км<sup>3</sup> соответственно), немногочисленными ручьями и временными водотоками, старичными озерами и 4 горизонтами подземных вод зоны активного водообмена. К неблагоприятным факторам, отрицательно воздействующим на экологическое состояние городских почв, относятся: длительное затопление пойм рек; широкое распространение явлений подтопления территорий во всех районах города; сложный характер пространственно-временной изменчивости гидрохимических показателей природных вод, обусловленный разнообразием природно-антропогенных условий формирования.

Растительный покров, включающий искусственно созданные и остаточное-естественные фитоценозы рассматривается как важнейший элемент экологической инфраструктуры города, охватывающий практически всю открытую территорию. По литературным и фактическим данным охарактеризована современная фитоценотическая структура растительности и её изменение под влиянием урбогенеза. Особое внимание уделено воздействию эдафических

факторов на условия произрастания растений. Для выявления особенностей геохимической трансформации растительного покрова проведено изучение уровней содержания ряда тяжелых металлов в доминантных видах естественных и культурных растений. Образцы растений отобраны в местах заложения основных почвенных разрезов. Несмотря на закономерно высокую степень разброса полученных результатов, они могут служить исходным материалом для изучения процессов биологического поглощения, отбора видов растений с целью оценки возможности фиторемедиации загрязненных почв и мониторинговых исследований.

Основная методическая сложность анализа антропогенных факторов городского почвообразования связана с необходимостью решения проблем наложения различных по времени, направленности и интенсивности воздействий. Первым шагом является систематизация различных источников воздействий и форм природно-антропогенных взаимосвязей. Наиболее полно решению проблемы, на наш взгляд, отвечает эколого-функциональная картографическая модель города, позволяющая разделить территорию на различные по функциональному назначению и характеру использования участки, в пределах которых происходит систематическое в установившемся режиме взаимодействие определенных групп антропогенных факторов и элементов ПП. Современная функциональная структура города - доминирующий фактор урбопедогенеза и причина большинства почвенно-экологических проблем.

На составленной нами картосхеме «эколого-функционального районирования г.Оренбурга» выделены таксономические единицы трех уровней, по которым приведены их основные качественно-количественные параметры.

### **Глава 3. Закономерности трансформации морфологических и физико-химических свойств почв под влиянием урбанизации**

Исходный почвенный покров коренных ландшафтов города, основные особенности формирования которого рассмотрены в работах С.С.Неуструева, 1918; А.А.Ерохиной, 1955; В.Д.Кучеренко; 1964, 1972; Е.В.Блохина, 1976, 1997; А.М.Русанова, 1987, 1995; А.И.Климентьева, 1997, 2001 и других исследователей, представлен закономерным сочетанием почв, характерных для степной зоны Южного Предуралья, подзоны южных черноземов. Важнейшим результатом обобщения сведений о естественно-генетических особенностях почв района и основой последующего анализа динамики изменения ПП при градостроительном освоении явилось составление нами карты «восстановленного почвенного покрова г.Оренбурга». Для её составления помимо собственных материалов, использовались результаты двух туров крупномасштабных почвенных исследований, проводимых институтом «ВолгоНИИгипрозем».

Основной фон исходного ПП города в пределах водораздельных пространств составляют черноземы южные и южные карбонатные, преимущественно слабогумусированные и маломощные в сочетании с солонцами черноземными мелкими на элювиально-делювиальных суглинках и глинах. В преде-

лах речных долин развиты: на террасах - черноземы южные остаточнб-луговатые с более высокой степенью гумусированности, среднемощные, тяжело-суглинистые; в пределах пойма - аллювиальные дерновые слоистые и лугово-болотные почвы.

Морфологические особенности городских почв. В максимальной степени перечисленные почвы сохранились только на участках с остаточной естественной растительностью (пойменные леса, лесопарковые зоны) и фрагментарно на пустырях и малоиспользуемых землях в основном на периферии города. Главный критерий их выделения - практически полное сохранение системы генетических горизонтов характерных для зональных аналогов.

Относительно слабой степенью нарушенности отличается группа природно-техногенных почв («урбо-почв»), расположенных на землях сельскохозяйственного и рекреационного назначения. При этом изменению, в основном механического характера, подвергается лишь верхняя часть профиля (до 30-40 см), подстилаемая ненарушенными горизонтами, позволяющими идентифицировать их принадлежность к определенным видам естественных почв.

В районах интенсивного освоения и сплошной застройки ПП приобретает дискретный характер: под зданиями, сооружениями и покрытиями он физически уничтожен, а на открытых участках - кардинально изменен. Образующиеся при этом искусственные почвоподобные тела - урбаноземы, рассматриваются (Строганова, 1998) как особый генетический тип антропогенно-преобразованных почв, профиль которых представляет совокупность достаточно четко выраженных слоев (горизонт «урбик»), имитирующих почвенные горизонты и состоящих из материала перемешанных или насыпных почв и грунтов и самых разнообразных по размеру, форме, составу и свойствам антропогенных включений (рисунок 1).

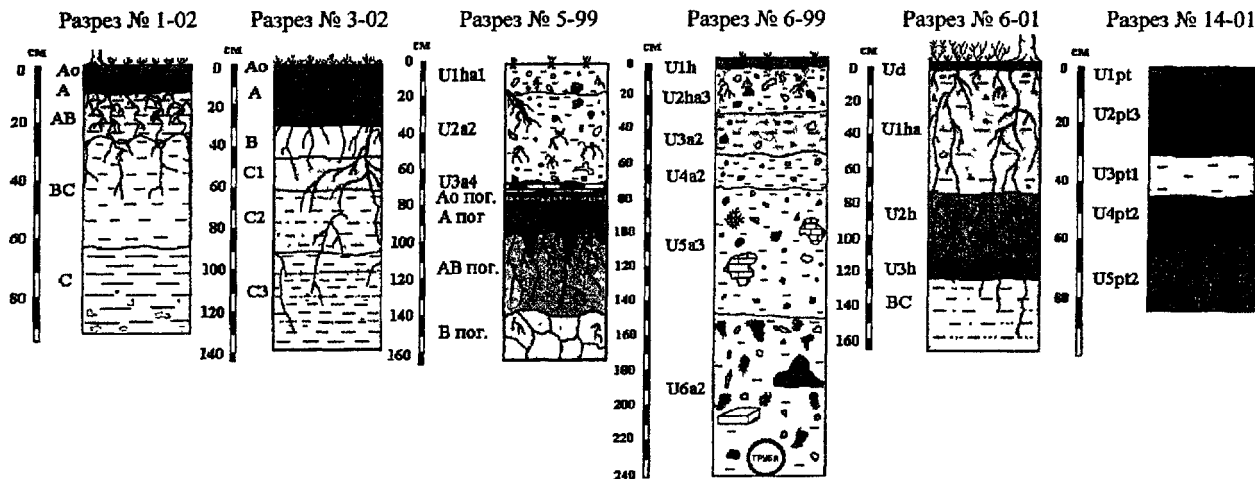
В целом, общая выровненность рельефа и близкое к поверхности залегание плотного элювия коренных пород обусловили небольшую глубину переработки исходной почвенно-грунтовой толщи. Средняя мощность культурного слоя, на котором формируются урбаноземы, даже в центре города обычно не превышает 1-1,5 м. Общая направленность формирования урбаноземов идет не столько в режиме аккумуляции и нарастания их мощности, сколько за счет многократных педотурбаций в пределах верхней части профиля.

Физико-химические свойства городских почв *Гранулометрический состав* почв оказывает прямое или косвенное влияние практически на все их экологически важные свойства. Выявлены следующие особенности изменений гранулометрического состава: для сельскохозяйственных земель в городе обнаружено незначительное по величине, но заметное, обеднение тонкодисперсными частицами верхнего горизонта почв, фиксируемое на глубине плужной подошвы и утяжеление состава подпахотных горизонтов за счет илистой фракции («агролессиваж»); резкое увеличение пространственной неоднородности гранулометрического состава урбаноземов при общей тенденции к его облегчению за счет увеличения доли песчаных фракций; обогащенность урбаноземов скелетным материалом антропогенного происхождения.

**Естественные (условно-ненарушенные)  
и слабонарушенные почвы в пределах  
города**

**Техногенно-природные почвы  
(урбаноземы)**

**Техногенные  
почвоподобные тела  
(урботехноземы)**



**Названия почв:** № 1-02 - чернозем южный карбонатный маломощный тяжелосуглинистый на делювиальных карбонатных глинах; № 3-02 - аллювиальная дерновая слоистая карбонатная на современных отложениях высокой поймы; № 5-99 - урбанозем среднеспособный среднесуглинистый на погребенном профиле чернозема южного остаточного-лугового; № 6-99 - урбанозем мощный тяжелосуглинистый на культурном слое; № 6-01 - культурозем мощный среднесуглинистый на древнеаллювиальных отложениях легкого механического состава; № 14-01 - интрузем среднеспособный по аллювиальной лугово-болотной почве.

Рисунок 1 - Основные морфотипы строения профилей городских почв Оренбурга

*Реакция среды (величина рН почвенного раствора)* оказывает непосредственное влияние на биологические процессы в почвах и условия миграции и трансформации в них химических соединений. Диапазон изменений рН в урбаноземах несколько сужен (по сравнению с фоном) и смещен в щелочную сторону. Практически все обследованные почвы на всю глубину опробования имели значения рН от 7,9 до 9,0 и более. Величина сдвига рН не так значительна, как в городских почвах таежно-лесной зоны (Рохмистров, Иванова, 1985).

Данные по *обменно-поглотительной способности* городских почв свидетельствуют об отсутствии существенных изменений по сравнению с зональными почвами. Урбаноземы города, как и естественные почвы, характеризуются устойчиво высокой степенью насыщенности основаниями, преобладающей ролью кальция в поглощающем комплексе (соотношение Са:Мg колеблется от 2:1 до 5:1), близкими к зональной норме средними значениями емкости поглощения (25–35 мг-экв/100 г), при их значительном варьировании.

Результаты определения некоторых показателей *агрохимического состояния* (подвижных форм фосфора и калия) свидетельствуют об их повышенном содержании в городских почвах относительно фоновых. Содержание подвижного фосфора в слабонарушенных почвах 0,3–3,2 мг/100 г, а подвижного калия 6,0–57,0 мг/100 г почвы, что соответствует региональным показателям (Кучеренко, 1972). В урбаноземах диапазон их варьирования возрастает за счет увеличения максимальных значений - подвижного фосфора до 15 мг/100 г, а подвижного калия до 90,5 мг/100 г, что приводит к увеличению средних значений.

*Гумусное состояние* почв является важнейшим фактором их нормального функционирования, значение которого для городских почв определяется не только ведущей ролью в формировании плодородия, но и как главного интегрального показателя экологического потенциала почв и общего уровня их устойчивости к антропогенным воздействиям. Изменения основных параметров гумусного состояния урбаноземов носят разносторонний характер и зависят от многих факторов: типа землепользования, генезиса и вещественного состава слагающего материала, его возраста и др. Прежде всего, усложняется строение гумусового профиля (рисунок 2), при котором горизонты максимальных концентраций могут смещаться на значительную глубину (до 3% на глубине 120 см), что практически никогда не наблюдается в естественных почвах района. Учитывая, что наибольшие площади в городе занимают земли индивидуальной малоэтажной застройки с приусадебными участками и дачные массивы, можно говорить о более высокой степени гумусированности городских почв по сравнению с фоновыми (содержание гумуса в «огородных» почвах достигает 8% и более).

*Солевое состояние* городских почв характеризуется крайней неустойчивостью, ввиду высокой динамичности галогеохимических процессов, что наряду с широким развитием засоленных почв естественного генезиса, значительно усложняет их изучение и диагностику.

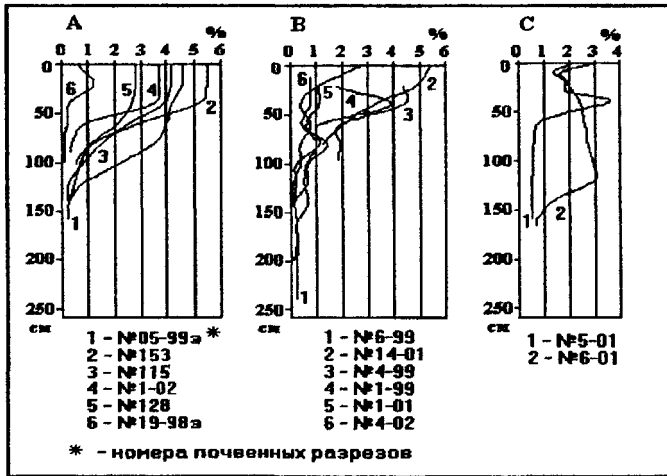


Рисунок 2 - Распределение гумуса в основных типах почв г.Оренбурга  
 А- естественные (условно-ненарушенные) и слабонарушенные почвы  
 в пределах города; В - урбаноземы, экраноземы; С - культуроземы

Новообразованные солевые профили городских почв очень разнообразны по составу, концентрации солей и характеру их пространственного распределения. Во всех изученных разрезах урбаноземов в верхней части профиля встречаются горизонты, концентрация солей в которых более 0,3%, достигая иногда 1,1-1,5%, что дает основание считать все эти почвы в различной степени засоленными (аналогичные показатели в гумусовых горизонтах фоновых почв изменяются в пределах 0,03-0,2%). Исключение составляют культуроземы (урбаноземы старых парков) города - максимальные содержания солей в них не превышает 0,2% по всему профилю. Широко распространены техногенно-солончакватые урбаноземы сульфатно-кальциевого состава. Выявлены специфические, не имеющие природных аналогов разновидности засоленных почв, например, интрузем по лугово-болотной почве (раз. 14-01), с химической точки зрения, представляющий битуминозный солончак (величина плотного остатка по горизонтам колеблется в пределах 0,7-1,3%).

#### Глава 4. Эколого-геохимическая характеристика загрязнения городских почв тяжелыми металлами и органическими веществами

Одним из наиболее характерных и экологически значимых процессов антропогенного преобразования почв УТ является изменение их микроэлементного состава и, в частности, загрязнение тяжелыми металлами (ТМ).

Объектами изучения выбраны шесть приоритетных металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr; подвижные формы), относящиеся по токсичности к первому и второму классам опасности. На первом этапе предпринята попытка определения

местного геохимического фона ТМ в почвах, на основе изучения закономерностей их радиальной (по профилю) и латеральной (ландшафтно-катенарной) дифференциации. Используются аналитические данные по 11 почвенным разрезам, включая 6 эталонов из Красной книги почв Оренбургской области, расположенные в радиусе 50-75 км от города. В качестве носителя информации о местном фоне приняты статистические параметры распределения ТМ в гумусовых горизонтах почв.

Для предварительной оценки распределения аналитических данных использован сравнительный анализ графического изображения интервальных вариационных рядов геохимических выборок фоновых и совокупности урбиковых горизонтов городских почв (рисунок 3). По характеру изменений в распределении выделяются три группы металлов.

Для свинца и цинка влияние урбаногенных воздействий проявляется наиболее отчетливо - распределение приобретает вид бимодальной кривой, левый максимум которой обусловлен фоном и попадает в модальный интервал природных концентраций, а правый образуется за счет наложения техногенной составляющей. Характерно появление правосторонней асимметрии за счет расширения диапазона варьирования в сторону больших значений. Эти элементы формируют основной фон загрязнения городских почв ТМ.

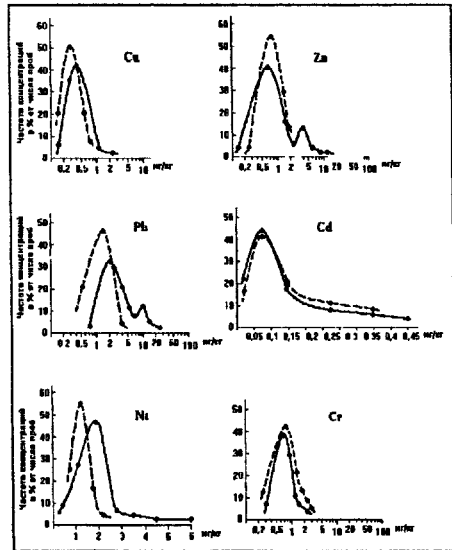


Рисунок 3 — Вариационные кривые распределения концентраций ТМ в фоновых почвах (пунктир) и урбаноземах (сплошная линия)

графическом анализе вариационных кривых. Расчет коэффициентов аномальности ( $K_a$ ) с использованием всего массива аналитических данных характери-

Для меди и никеля распределение данных в выборке урбаноземов сохраняет вид одновершинной кривой, однако максимум функции распределения и соответственно модальных значений концентраций имеет явный сдвиг в сторону более высоких значений, что также свидетельствует об устойчивой тенденции их накопления в городских почвах.

Для кадмия и хрома при сравнении кривых наблюдается отсутствие существенных различий. Можно предположить, что эти металлы максимально локализованы на участках, приуроченных к конкретным источникам, образуя небольшие по площади дискретные аномалии.

Результаты определения статистических показателей исследованных выборок (таблица 1), в основном подтверждают важнейшие особенности распределения, выявленные при

зует урбаноземы г.Оренбурга в целом, следующей геохимической формулой:  $Zn\ 3,3 > Pb\ 3,2 > Ni\ 1,5 > Cu\ 1,3 > Cd\ 0,9 > Cr\ 0,7$ . Общая последовательность техногенного накопления ТМ достаточно типична для крупных городов с разнопрофильной промышленностью (Глазовская, 1997).

Таблица 1. Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм тяжелых металлов (мг/кг) в почвах г.Оренбурга

Металлы	Статистические показатели				
	М	$X_{min}-X_{max}$	$\sigma$	V	m
<b>I. Естественные и слабонарушенные (условно-фоновые) почвы (n=24)</b>					
Cu	0,33	0,08 – 0,63	0,17	51,7	0,07
Zn	1,05	0,40 – 2,00	0,39	37,4	0,16
Pb	1,66	0,10 – 3,13	0,76	45,4	0,31
Cd	0,14	0,02 – 0,35	0,10	70,0	0,04
Ni	1,24	0,58 – 2,20	0,34	27,8	0,14
Cr	1,26	0,28 – 2,90	0,70	55,2	0,28
<b>II. Техногенные почвоподобные образования (урбаноземы, экраноземы) (n=44)</b>					
Cu	0,42	0,10 – 3,00	0,47	113,0	0,14
Zn	3,46	0,25 – 16,68	4,71	136,2	1,42
Pb	5,29	0,75 – 28,57	4,84	91,5	1,46
Cd	0,13	0,03 – 0,50	0,12	85,1	0,03
Ni	1,83	0,69 – 6,94	1,17	64,1	0,35
Cr	0,91	0,46 – 2,24	0,32	35,3	0,10

Пространственная структура распределения ТМ в городских почвах характеризуется крайней неравномерностью. На уровне отдельных разрезов это проявляется в значительном увеличении размаха колебаний концентраций в пределах профиля, не встречающееся в естественных почвах. Расположение горизонтов максимальных концентраций носит незакономерный характер. Достаточно сложен анализ влияния отдельных факторов (содержание гумуса, гранулометрический состав, рН) на аккумуляцию ТМ в отдельных горизонтах; часты случаи, когда изменения факторов и уровней накопления разнонаправлены или влияние одних факторов нивелирует другие.

Для комплексной оценки загрязнения проведено сопоставление выборок по наиболее крупным группировкам городских почв, а также рассчитаны суммарные показатели загрязнения по известным методикам (Ю.А.Сагет, 1982).

Сопоставление полученных результатов с санитарно-гигиеническими нормативами (ПДК) показало, что для большинства ТМ значения ПДК приблизительно совпадают с 3-х кратным превышением местных фоновых концентраций; это позволяет считать уровень загрязнения почв при  $Ka < 3$  допустимым или «толерантным» (Kloke, 1980).

Среди органических веществ загрязняющих городские почвы, по экологической опасности и масштабам распространения выделяются сложные угле-

водородные смеси (нефти, нефтепродукты, включая ПАУ) и их высокомолекулярные производные - смолисто-асфальтеновые вещества.

Результаты изучения нефтяного загрязнения поверхностных горизонтов городских почв разных функциональных зон были получены в ходе выполнения хозяйственных работ по оценке окружающей среды УТ Оренбуржья (руководитель А.Я.Гаев, аналитические исследования Ю.А.Федоров, А.Г.Страдомская), проводившиеся в 1989 г. при участии автора, позволили: оценить общий уровень загрязнения почв района нефтепродуктами, включая их основные компоненты - углеводороды, смолы и асфальтены; по соотношению их концентраций определить характер загрязнения; определить особенно-сти изотопного состава основных компонентов нефтепродуктов в почвах разного уровня и генезиса загрязнения.

## **Глава 5. Опыт геоэкологического картографирования почвенного покрова как компонента природно-технических систем г.Оренбурга**

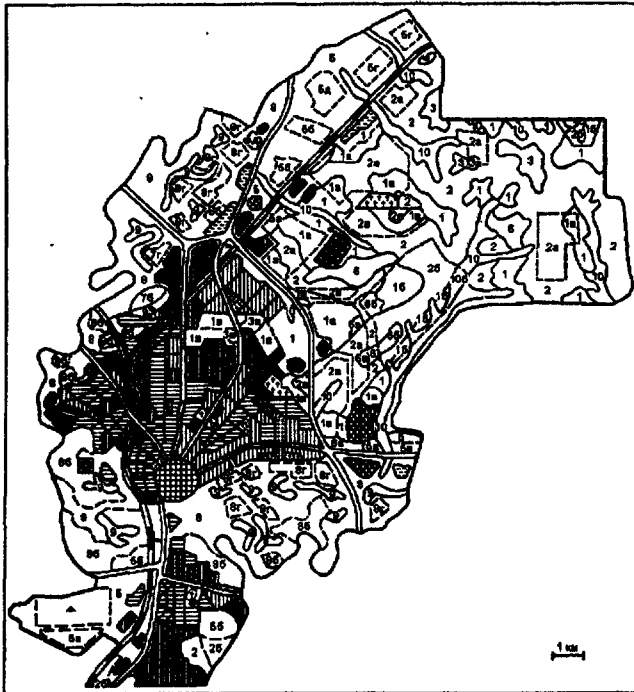
Многоцелевой характер использования городской территории определяет принципиальную множественность оценок и невозможность использования единых критериев для сравнения с экологической точки зрения различных типов городских почв. Поскольку взаимодействие в системе «человек - городские почвы» происходит в условиях конкретных территориальных природно-ландшафтных и градофункциональных структур, то наиболее эффективным способом изучения специфических закономерностей формирования пространственной организации ПП города является метод картографического моделирования.

Среди обширного семейства разнообразных почвенно-экологических карт УТ особое место занимают карты, на которых объектом картографирования являются не отдельные экологически значимые свойства городских почв, а собственно почвы и почвоподобные тела, сгруппированные на основе комплексного учета не только субстантивных признаков, но и тех качественно новых свойств, отражающих систему внешних взаимодействий, которые управляют их сущностью и «жизнью». Однако опыт создания подобных карт пока весьма невелик.

Нами предпринята попытка разработки одного из возможных решений названной проблемы, реализованная при создании картографической модели современного почвенного покрова г.Оренбурга (рисунок 4; схематизирован применительно к черно-белому варианту).

Методический алгоритм построения подобной модели предусматривает создание серии взаимосвязанных карт, ключевую роль среди которых играют карты восстановленного ПП и эколого-функционального районирования, и последующего их совмещения на одной картографической основе. При таком сочетании качественно различных и взаимосвязанных подсистем города, возникает интегрированная многоаспектная модель ПП. Структура ПП представляется в виде матрицы, отображающей весь спектр сопряжений в системе «есте-

## Условные обозначения (с сокращениями)



Естественные (условно-натуральные) почвы в пределах города	Антропогенные модификации городских почв		
	природно-геологические (урбо-почвы)	многолетне-природные (урбоземы)	техногенные почвоподобные тела (урбопоземсы)
1 черные малые	1a черные малые лесные 1б черные малые окультуренные 1в черноземы малые с слабоокисленным	урбоземы образственно-административного центра города урбоземы многоэтажной застройки урбоземы малой и среднеэтажной застройки урбоземы коттеджной застройки урбоземы агропоселенческие	индустриальный предпринимательский и энергетический индустриальный предпринимательский, строитель-дустриальный и газовой промышленности индустриальный горнопромышленный ТЭС индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
2 черные малые карбонатные	2a черные малые карбонатные пахотные 2б черные малые карбонатные степные 2в черные малые карбонатные слабоокисленные	урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы коттеджной застройки урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
3 черные малые солончаковые	3a черные малые солончаковые пахотные 3б черные малые солончаковые с слабоокисленным	урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
4 черные малые некарбонатные		урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
5 черные малые остаточно-луговые	5a черные малые остаточно-луговые пахотные 5б черные малые остаточно-луговые агропоселенческие 5в черные малые остаточно-луговые с слабоокисленным 5г черные малые остаточно-луговые агропоселенческие 5д черные малые остаточно-луговые агропоселенческие	урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
6 черные малые карбонатные в комплексе с солончакными	6a черные малые карбонатные в комплексе с солончакными окультуренные 6б черные малые карбонатные в комплексе с солончакными с слабоокисленным	урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
7 луговые черноземные	7a луговые черноземные окультуренные 7б луговые черноземные с слабоокисленным	урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
8 аллювиальные дерновые	8a аллювиальные дерновые окультуренные 8б аллювиальные дерновые с слабоокисленным	урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
9 аллювиальные лугово-болотные		урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС
10 сыпучие и илестокие почвы оврагов и балок	10a сыпучие и илестокие почвы оврагов и балок окультуренные	урбоземы малых и среднеэтажных застроек урбоземы агропоселенческие	индустриальный жилищно-коммунальный промышленный и бытовых отходов индустриальный почво-грунты дерновые ТЭС гидроавтоматизированный и газопроводный почво-грунты ТЭС

Рисунок 4 – Картограмма современного почвенного покрова г.Оренбурга

ственные почвы - типы их антропогенных модификаций», которые можно рассматривать как стадии их прогрессирующего нарушения (деградации или проградации).

Разномасштабное картографирование ПП города, основанное на предлагаемых методах, позволило не только выявить пространственные закономерности его морфологической структуры, но и произвести первичную количественную оценку его антропогенной трансформации и экологического состояния по соотношению площадей, занимаемых наиболее распространенными и репрезентативными модификациями городских почв.

Наличие системы взаимосвязанных территориальных единиц ПП представляет широкие возможности для их целенаправленной группировки в зависимости от конкретных задач, пространственной интерпретации дискретных результатов опробования, создания картографической и атрибутивной баз данных о почвенных ресурсах города, используемых при организации экологически ориентированных геоинформационных систем и других видов теоретического и прикладного анализа.

На основании обобщения всей полученной информации разработан предварительный перечень основных экодиагностических показателей городских почв, оценивающих по 5-ти балльной системе негативные сдвиги их качественного состояния с учетом естественно-генетических особенностей зональных почв региона и их трансформации в условиях урбопедогенеза. Для реализации дифференцированного подхода к геоэкологической оценке городских почв предусматривается введение поправочных весовых коэффициентов, учитывающих значимость средообразующих и социально-экономических (хозяйственных) функций почв разных типов городских техногеосистем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве основных защищаемых положений диссертационной работы, и полученных при их теоретической и практической проработки выводов, следует отметить:

1. Разнообразная, интенсивно концентрированная деятельность человека в городе приводит к существенному и радикальному изменению почвенного покрова, в реальной действительности представляющего сложную дискретно-континуальную природно-техногенную систему, состоящую из сочетания многочисленных антропогенных модификаций естественных почв и искусственно-созданных поверхностных почвоподобных образований и выполняющую роль базового компонента в составе интегральной урбогеосистемы.
2. На основе анализа и оценки геоэкологических условий почвообразования и аналитических данных по важнейшим субстантивным параметрам городских почв выяснено, что ведущим фактором территориальной неоднородности процесса урбопедогенеза является современная функционально-планировочная структура города, определяющая главные направления изменения почв и требования к их экологической оценке.

3. Сравнительный анализ полученной информации показал сложный характер вертикального и латерального распределения экологически значимых показателей в городских почвах и позволил выделить определенные типы перестроек морфологической и эколого-геохимической структуры почвенных профилей наиболее характерных модификаций городских почв.

4. Комплексная оценка качественного состояния почв, формирующихся в условиях городских техногеосистем невозможна без широкого применения картографических методов на всех этапах почвенно-экологических исследований.

5. Построенная на основе применения функционально-экологического подхода картографическая модель современного почвенного покрова города, позволяет увязывать в единой системе территориальных единиц разрозненные частные оценки трансформации почв в ходе реального или потенциального выполнения ими тех или иных функций, с учетом вида хозяйственного использования территории. Подобная карта, на наш взгляд, может быть использована в качестве базовой модели для серии почвенно-экологических карт оценочного, прогнозного и рекомендательного характера.

6. Разработанная в ходе исследований система диагностических показателей экологического состояния городских почв, рассматривается в качестве предварительного ориентира для более обоснованного определения приоритетов при выборе объектов почвенно-экологического мониторинга, разработке регламентации режимов землепользования и мер по оптимизации эколого-функционального состояния почв разных типов городских техногеосистем.

## **СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Загрязнение тяжелыми металлами почв и грунтов урбанизированных территорий Оренбуржья / Соавт. И.И.Никитин // Проблемы экологической геологии и рационального использования природных ресурсов Урала (на примере Оренбуржья): Информационные материалы. - Оренбург: УрО АН СССР, 1991. - С. 49-51. (доля автора 50%)

2. Содержание тяжелых металлов в почвах, грунтах и атмосферных осадках урбанизированных территорий Оренбуржья / Соавт. И.И.Никитин // Тез. докл. науч. конф. «Физико-географические аспекты изучения урбанизированных территорий». - Ярославль, 1992. - С. 43. (доля автора 50%)

3. Изучение засоленности почв и грунтов в районе с.Ниж.Павловка / Соавт. А.П.Бутолин // Проблемы степного природопользования (экология, плодородие и рациональное использование почв) / Сб. науч. трудов, посвященный 150-летию со дня рождения В.В.Докучаева. - Оренбург: ДиМур, 1996. - С. 105-109. (доля автора 40%)

4. Эколого-геохимические особенности загрязнения ландшафтов в районе Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения / Соавт. А.П.Бутолин // Ландшафтная экология: межвуз. сб. науч. трудов. Вып. 1. - М.: РИЦ «Альфа» МГОПУ, 1999. - С.146-153. (доля автора 40%)

5. Почвы урбанизированных территорий как объект классификации в связи с задачами оптимизации городской среды // Материалы XXIV науч.-практ. конф. - Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2002. - С. 99-102.

6. Эколого-функциональная классификация почв урбанизированных территорий / Соавт. А.И.Климентьев, А.П.Трубин // Охрана окружающей среды Оренбургской области: Информационно-аналитический ежегодник. - Оренбург: ИПК ОГУ, 2003. - С.74-85. (доля автора 70%)

7. Методические особенности картографического изучения структуры почвенного покрова урбанизированных территорий // Материалы XXV науч.-практ. конф. - Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2003. - С. 202-209.

8. Морфогенетические особенности почв г.Оренбурга / Соавт. А.И.Климентьев, А.П.Трубин // Материалы III междунар. симпоз. «Степи Северной Евразии». - Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ», 2003. - С. 272-275. (доля автора 60%)

9. Эколого-функциональный подход к изучению структуры почвенного покрова урбанизированных территорий (на примере г.Оренбурга) / Соавт. А.И.Климентьев, А.П.Трубин // Труды междунар. конф. «Роль почв в формировании естественных и антропогенных ландшафтов». - Казань: Изд-во «Фэн», 2003. - С.146-148. (доля автора 60%)

10. Особенности антропогенной трансформации гумусного состояния почв территории г.Оренбурга // Материалы XXVI науч.-практ. конф. - Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2004. - С. 39-45.

11. Геохимические особенности загрязнения тяжелыми металлами почв урбанизированных территорий Оренбуржья / Соавт. А.И.Климентьев, С.А.Каверина // Почвы - национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов: Кн. 1. - Новосибирск: Наука-Центр, 2004. - С. 528. (доля автора 40%)

12. К методике биотестирования городских почв / Соавт. А.И.Климентьев, С.А.Каверина // Тез. докл. II междунар. науч. конф. «Биотехнология - охране окружающей среды». - М.: Изд-во «Спорт и культура», 2004. - С.115. (доля автора 30%)

Подписано в печать 24.01.2005 г. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 1,4. Тираж 100 экз.

460844, г.Оренбург, ул.Советская, 19.

Издательство Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный педагогический университет»

