

**С. А. ДУБРОВСКАЯ, К. В. МЯЧИНА**  
Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

## **ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ОРСКО-НОВОТРОИЦКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА)**

*Рассмотрены группировки почв и почвоподобных тел, отражающие систему важнейших пространственных и функциональных связей почвенного покрова с другими компонентами урбогеосистемы. Предложен метод оценки антропогенной трансформации почв с использованием геоинформационных технологий. Разработана карта-схема современного почвенного покрова территории Орско-Новотроицкого промузла и предложены диаграммы соотношения площадей городских земель.*

Ключевые слова: антропогенно-модифицированные почвы, информационно-математическая основа, интегрированная информационная модель, геопространство, антропогенная модификация, геокодирование.

*We examine groups of soils and soil-like bodies representing the system of the most important spatial and functional connections of soil cover with the other components of the urban geosystem. We suggest the method for assessing the anthropogenic transformation of soils with the use of geoinformation technologies. The schematic map has been developed for the present-day soil cover on the territory of the Orsk-Novotroitsk industrial hub; diagrams are suggested for the relationship of urban land areas.*

Keyword: anthropogenically modified soils, information-mathematical basis, integrated information model, geospace, anthropogenic modification, geoencoding.

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Антропогенная трансформация почвенного покрова наиболее полно и разнообразно представлена на урбанизированных территориях. Это особый тип экологических систем, природные компоненты которых подвергаются многообразным и интенсивным антропогенным нагрузкам. Интенсивная деятельность человека в городе привела к существенным и радикальным изменениям почвенного покрова, который в реальности представляет собой сочетание многочисленных антропогенно-модифицированных почв и техногенных поверхностных образований. Под воздействием мощной техногенной нагрузки почвы приобретают новый комплекс свойств и режимов, от которых зависит их способность к эффективному выполнению разнообразных экологических функций в условиях городской среды.

Городские почвы, несмотря на коренную перестройку своих важнейших свойств, по мнению ряда ведущих исследователей, признаются базовой составляющей урбогеосистемы, осуществляющей ряд важнейших экологических и хозяйственных функций и в значительной степени определяющей условия жизни человека в городе [1, 2].

В условиях сложной системы взаимодействия человек—городские почвы и двойной сущности экологических функций почвенного покрова в городе (важнейший средообразующий фактор и природный ресурс) основной задачей становится создание универсальной информационно-математической основы безотносительно ее конкретного применения для интегрированных информационных моделей. Подобные исследования может обеспечить применение ГИС-технологий, отличающихся широтой спектра применения и целевым назначением.

Цель данной работы — получение информации о состоянии современного почвенного покрова в виде интегральной многоаспектной модели. Модель выстроена на основе расчетов площадей и групп контуров, составления экспликации, проведения группировки в пределах разных типов почв электронным способом по необходимому признакам, а также сопряженного анализа качественно различных, но взаимосвязанных подсистем города, отражающих природно-ландшафтные и хозяйственные (эколого-функциональные) особенности территории.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Орско-Новотроицкий промузел представляет собой крупнейший индустриальный центр Южного Урала, в пределах которого на сравнительно небольшой площади сконцентрировано большое количество экологически опасных объектов широкого спектра отраслей (черная и цветная металлургия, нефтепереработка и нефтехимия, машиностроение, цементная промышленность и теплоэнергетика) в сочетании с обширными ареалами горных выработок, связанных с добычей открытым способом различных видов минерального сырья.

Чрезмерная концентрация промышленных объектов, несовершенная технология процессов очистки, разрозненность жилых массивов и их близкое расположение к предприятиям приводят к тому, что городская среда загрязнена различными химическими веществами. Проводимые в последние годы в данном регионе почвенно-экологические исследования направлены в основном на изучение процессов загрязнения поверхностного слоя городских почв тяжелыми металлами и углеводородами.

Методом картографического моделирования изучены закономерности формирования пространственной организации почв в городах и проведена оценка экологического состояния почвенного покрова урбанизированной территории. Построение информационной модели данных геопространства, описывающей комплексную систему почва—человек, основано на системном подходе с применением объектно-ориентированной методики с использованием схематичного изображения пространственного положения функциональных зон Орско-Новотроицкого промузла, которое отражает их функциональную структуру.

Процесс построения карт, характеризующих геоэкологическую структуру городских почв, осуществляется с помощью программ Adobe Photoshop CS2 и Adobe Illustrator CS2, оцифровка проведена в картографической системе MapInfo. Дополнительная информация об отдельных структурах почвенного покрова в системе естественные почвы—типы их антропогенных модификаций представлена в картографической форме с текстовыми пояснениями и диаграммами. В MapInfo совмещены и обработаны картографические модели исходного (восстановленного) почвенного покрова исследуемой территории и эколого-функционального зонирования населенного пункта, а также получена многослойная цифровая карта современного почвенного покрова Орско-Новотроицкого промузла.

Процесс создания тематической карты городских почв можно разделить на этапы. Первый — геокодирование, привязка к растровой карте. Для этого в MapInfo готовую карту данной территории необходимо идентифицировать с интегральной картографической моделью. Вторым этапом — обработка пространственных данных — представляет собой непосредственное выделение (обрисовку) ареалов почвенного покрова. На третьем этапе происходят тематическая обработка и визуализация. Все этапы целесообразно выполнять в рамках одной технологии и, по возможности, одной системы [3].

Созданная нами информационная модель урбанизированной территории обладает технологической структурой и системными функциями, обеспечивается единым геоинформационным пространством и способна модифицироваться в соответствии с поставленными методическими задачами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Предлагаемая нами картосхема современного почвенного покрова (рис. 1, см. таблицу) позволяет выявить пространственные закономерности морфологической структуры почв и произвести первичную оценку антропогенной трансформации и экологического состояния городских земель. Содержание картосхемы, представленное множеством индивидуальных контуров, которые отражают специфику неоднородности урбопедогенеза, передается с помощью фона (штриховка).

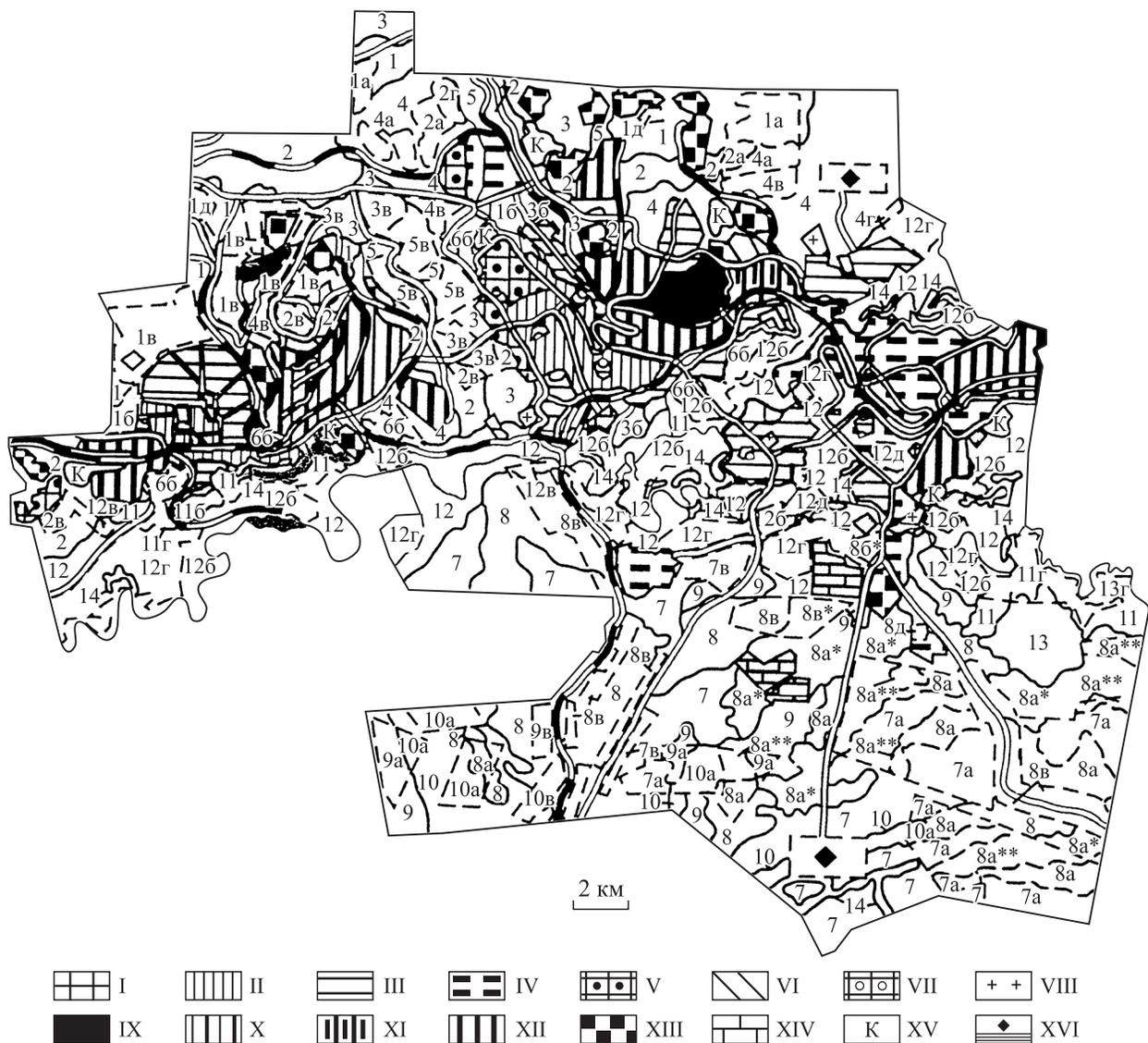


Рис. 1. Картограмма современного почвенного покрова Орско-Новотроицкого промузла.  
Все цифровые обозначения см. в таблице.

*Естественные (условно-ненарушенные) почвы* в пределах городской черты представлены континуальным почвенно-экологическим фоном, на который накладывается антропогенная составляющая [4]. Почвенный покров в рамках распространения этих почв занимает 44 % территории Орско-Новотроицкого промузла. Исходный почвенный покров в пределах водораздельных пространств и их склонов составляют черноземы южные маломощные (7,6 %), южные карбонатные (10,8 %) и солонцеватые (5 %), реже темно-каштановые карбонатные почвы (12 %), в комплексе с солонцами каштановыми солончаковатыми натриевыми (7 %).

В пределах речных долин Урала, Ори, Елшанки развиты: на террасах — черноземы южные остаточного-луговые (3 %) и лугово-каштановые солонцеватые маломощные средне- и легкосуглинистые (3 %); на пойме — аллювиальные дерновые насыщенные слоистые (15,9 %) и солонцы лугово-каштановые солончаковые слабозасоленные остаточного-натриевые (2,4 %).

Естественные почвы, сохранившие практически без изменения систему генетических горизонтов, приурочены в настоящее время к участкам с остаточной естественной растительностью (лесопарковые зоны, пойменные леса), а также к землям сельскохозяйственного назначения, резерва, неудобий и т. д. Морфология этой группы городских почв, даже при минимальной степени нарушения, отличается рядом существенных особенностей по сравнению с эталонными участками. Широкое распространение имеют химически загрязненные почвы, трансформация морфологического строения кото-

**Современный почвенный покров Орско-Новотроицкого промузла**

| Естественные<br>(условно-ненарушенные) почвы  | Антропогенные модификации городских почв<br>(незапечатанные территории)                         |  |
|---|---|--|
|   | природно-техногенные<br>(урбопочвы)   | техногенно-природные<br>(урбаноземы)<br>и почвоподобные тела                         |
| 1. Черноземы южные маломощные                 | 1а. Пахотные<br>1б. Окультуренные<br>1в. Слабонарушенные<br>1д. Зоотехногенно-загрязненные      | I. Урбаноземы исторического центра г. Орска<br>II. Урбаноземы многоэтажной застройки |
| 2. Черноземы южные карбонатные                | 2а. Пахотные<br>2в. Слабонарушенные<br>2г. Орошаемые  | III. Урбаноземы средне- и мало-этажной застройки<br>IV. Урбаноземы агроселитебные    |
| 3. Черноземы южные солонцеватые               | 3б. Окультуренные<br>3в. Слабонарушенные  | V. Урбаноземы коттеджной застройки<br>VI. Урбаноземы нежилых комплексов              |
| 4. Черноземы южные неполноразвитые            | 4а. Пахотные<br>4в. Слабонарушенные<br>4г. Орошаемые  | VII. Культуроземы<br>VIII. Некроземы   |
| 5. Солонцы черноземные солончаковатые         | 5в. Слабонарушенные   | IX. Индустрисемы предприятий нефтехимии и энергетики                                 |
| 6. Черноземы южные остаточно-луговатые        | 6б. Окультуренные   | X. Индустрисемы предприятий черной металлургии                                       |
| 7. Темно-каштановые карбонатные               | 7а. Пахотные<br>7в. Слабонарушенные   | XI. Индустрисемы предприятий цветной металлургии                                     |
| 8. Темно-каштановые карбонатные солонцеватые  | 8а. Пахотные<br>8в. Слабонарушенные<br>8д. Зоотехногенно-загрязненные                           | XII. Индустрисемы предприятий стройиндустрии, пищевой и легкой промышленности        |
| 8а*. Темно-каштановые в комплексе с солонцами | 8а*. Пахотные<br>8в*. Слабонарушенные<br>8д*. Зоотехногенно-загрязненные                        | XIII. Индустрисемы полигонов промышленных отходов и ТБО                              |
| 9. Темно-каштановые неполноразвитые           | 9а. Пахотные<br>9в. Слабонарушенные   | XIV. Индустрисемы очистных сооружений  |
| 10. Солонцы каштановые солончаковатые         | 10а. Пахотные<br>10в. Слабонарушенные   | XV. Индустрисемы горнопромышленных ТГС   |
| 11. Лугово-каштановые солонцеватые            | 11б. Окультуренные<br>11г. Орошаемые  | XVI. Почвогрунты дорожных ТГС  |
| 12. Аллювиальные дерновые                     | 12б. Окультуренные<br>12в. Слабонарушенные<br>12г. Орошаемые<br>12д. Зоотехногенно-загрязненные |  |
| 13. Солонцы лугово-каштановые                 | 13г. Орошаемые  |  |
| 14. Смыто-намывные почвы оврагов и балок      |   |  |

рых проявляется в возникновении поверхностного химически загрязненного горизонта, представляющего, по сути, концентрат твердых нерастворимых атмосферных выпадений, накопившихся за период работы металлургических предприятий.

Мощность этого визуально диагностируемого нового горизонта зависит от расстояния до источника загрязнения, направления преобладающих ветров и достигает максимальных значений (10–15 см). Подобные почвы занимают обширные ареалы (десятки квадратных километров), захватывая территории сельскохозяйственного (в том числе садово-огородные участки), рекреационного и селитебного назначения. Современное состояние почвенного покрова представляет собой острую проблему городской системы и требует принятия практических мер по восстановлению и оздоровлению почв.

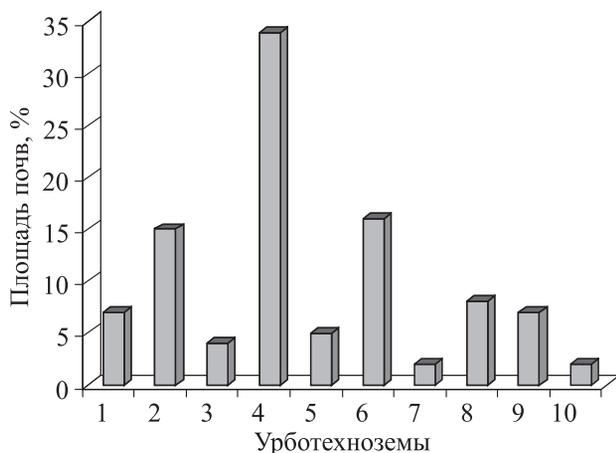


Рис. 2. Соотношение площадей, занимаемых основными подгруппами урботехноземов Орско-Новотроицкого промузла.

Индустриземы предприятий: 1 — нефтехимии и энергетики, 2 — черной металлургии, 3 — цветной металлургии, 4 — машиностроения, стройиндустрии, пищевой и легкой промышленности; 5 — индустриземы горнопромышленных техногеосистем; индустриземы полигонов складирования: 6 — промышленных отходов, 7 — бытовых отходов; 8 — индустриземы очистных сооружений; 9 — почвогрунты авиационных техногеосистем; 10 — интруземы.

*Природно-техногенные почвы (поверхностно-преобразованные или урбопочвы)* занимают 31 % площади городской территории. В структуре почвенного покрова преобладают пахотные почвы (33 %). Менее распространены окультуренные почвы индивидуальных садово-дачных массивов и огородов. Значительные площади (26 %) занимают слаборазрушенные почвы, к которым относятся санитарно-оздоровительные зоны, лесополосы, лесопосадки и другие искусственные насаждения.

Кроме сельскохозяйственного использования данной группы урбопочв необходимо учитывать влияние на нее негативных факторов, воздействующих на биологическую продуктивность. К ним относят развитие водной и ветровой эрозии, химическое загрязнение, захламливание поверхности почвы, переуплотнение корнеобитаемого слоя, вторичное засоление на орошаемых участках, механическое нарушение и срезание почвенного покрова.

*Техногенно-природные (антропогенно-преобразованные) и почвоподобные тела*, включая собственно урбано- и техноземы, характеризуются отсутствием естественных генетических горизонтов и представляют собой искусственные конструкции слоев (горизонт «урбик» — U), состоящих из гумусированного пылеватого субстрата разной мощности и качества с включениями бытового и промышленного мусора.

В зонах сплошной застройки почвенный покров в результате градостроительного освоения приобретает дискретный характер. Субстратом для урбиковых горизонтов служат почвообразующие породы, сохранившиеся фрагменты профилей исходных почв или культурный слой. Его средняя мощность обычно не превышает 1–2 м, достигая в центральных частях городов 3–5 м. Парковые урбаноземы («культуроземы» около 2 %) отличаются более высокой степенью гумусированности и оструктуренности горизонтов, меньшей засоренностью антропогенными включениями.

В результате постоянного изменения планировочной структуры промышленных городов происходит не только коренная перестройка почв (срезание и захоронение гумусированного слоя), но и увеличение доли запечатанности (уменьшения поверхности почвенного покрова) территории. Неблагоприятная для здоровья населения почвенно-экологическая обстановка складывается в жилых районах, смежных с промышленными зонами и транспортными коммуникациями. Преобладающие фоновые компоненты почвенного покрова — урбаноземы жилой застройки сельского типа (агроселитебные), а также мало- и среднеэтажной застройки, занимающие соответственно 34 и 33 %. Доля всех других подтипов урбаноземов (исторического центра г. Орска, многоэтажной и коттеджной застройки, нежилых комплексов, некроземов, культуроземов) колеблется от 1 до 17 %.

Максимальным уровнем техногенной трансформации характеризуются индустриземы — группа почвоподобных тел, приуроченных к промышленным зонам и транспортным коммуникациям. Крупные ареалы таких почв концентрируются вблизи железнодорожных магистралей, в основном по левому берегу р. Елшанки, в восточной и центральной частях г. Орска (правобережье р. Урал) и крупный блок — в южном и восточном направлениях от г. Новотроицка. В целом интруземы занимают 22 % территории (рис. 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время производственные объекты г. Орска (их около 60) занимают значительные площади городской застройки — 27,2 %, а вместе с отвалами пород, карьерами, промышленными свалками — 37 %, на селитебные зоны приходится 23 % территории. В г. Новотроицке производ-

ственные территории вместе с отвалами, железнодорожными путями, рудниками занимают 950 га, что в три раза превышает селитебную зону (308 га).

Для всестороннего изучения почвенного покрова городской территории необходимо активное использование геоинформационных технологий, которые позволяют выявить пространственные закономерности, морфологическую структуру почв и провести количественную оценку антропогенной трансформации и экологического состояния покрова по соотношению площадей, занимаемых наиболее распространенными модификациями городских земель.

С помощью ГИС-технологий возможно проведение детального анализа почвенного покрова и получения информации диагностического и прогностического характера, позволяющей внести необходимые рекомендации. Ключевым моментом является выбор показателей, по которым можно будет оценивать происходящие в регионе изменения, а также вводить конструктивные методы оценки и принятия управленческих решений. Предложенная методика может использоваться в любых природно-техногенных комплексах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Строганова М. Н., Мягкова А. Д., Прокофьева Т. В.** Роль почв в городских экосистемах // Почвоведение. — 1997. — № 1. — С. 96–100.
2. **Строганова М. Н., Прокофьева Т. В., Прохоров А. Н. и др.** Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка // Почвоведение. — 2003. — № 7. — С. 867–875.
3. **Папаскири Т. В.** Геоинформационные системы и технологии автоматизированного проектирования в землеустройстве. — М.: Изд-во ГУЗ, 2000. — 82 с.
4. **Каверина С. А., Климентьев А. И., Ложкин И. В.** Геоэкологическая оценка трансформации почвенного покрова Орско-Новотроицкого промузла // Вестн. Оренбург. ун-та. — 2007. — № 3. — С. 134–142.

*Поступила в редакцию 14 октября 2008 г.*