

Ф. И. Хакимов, Н. Ф. Деева, А. О. Ильина

ПОЧВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА: ТРАНСФОРМАЦИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Ф. И. Хакимов, Н. П. Деева, А. О. Ильина

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, м. Пуцзино

ГРУНТЫ ПРОМЫСЛОВОГО ГОРОДА: ТРАНСФОРМАЦИЯ ТА ЗАБРУДНЕННЯ

Досліджено ґрунти і ґрунтовий покрив промислового міста Серпухов (Московська обл.). Наведено дані щодо порушеності профілей ґрунту, змін його найважливіших властивостей (умісту гумусу, рН, ємності катіонного обміну), а також умісту важких металів (*Cr, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb*), поліхлорованих біфенілів і інших поллютантів у ґрунтах різних типів міської території. Розглянуто питання просторової диференціації порушеності та забруднення ґрунтів у міських умовах.

F. I. Khakimov, N. F. Deeva, A. A. Il'ina

Institute of Basic Biological Problems, Russian Academy of Sciences (RAS)

SOILS OF INDUSTRIAL CITY: TRANSFORMATION AND POLLUTION

It has been studied the soils and soil cover of industrial city Serpukhov, Moscow region. The data on disturbance of soil profile, changes of important characteristics (humus content, pH, capacity of cation exchange), heavy metals' concentration (*Cr, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb*), PBC's and other pollutants in various soils at the territory of the city have been cited. The problems of spatial differentiation of soils' disturbance and pollution in the conditions of industrial city have been considered.

Keywords: multispectral space photos, distance probing, soil heterogeneity, pattern analysis.

Современное состояние окружающей среды и дальнейшее его ухудшение вызывает обоснованную тревогу, так как этим обусловлены многочисленные экологические, санитарно-гигиенические и другие проблемы. Особое место по остроте этих проблем занимают урбанизированные территории – сложные многофункциональные природно-антропогенные системы, в которых доминирует человек. Они представляют собой «сгусток» населения и энергопотребления, где мало что сохранилось от исходного состояния природных ландшафтов.

По-видимому, процесс урбанизации будет продолжаться и в будущем, поскольку уклад жизни в городах имеет определенные преимущества (экономические, социально-бытовые, культурные, информационные и др.). Поэтому примечательно, что исследованию состояния объектов окружающей среды урбанизированных территорий и оценке их экологического состояния уделяется большое внимание (Баканина, 1990; Гантимуров, 1966; Герасимова, 2003; Глазовская, 1988; Деева, 1998; Касимов, 1990; Макаров, 2002; Моисеенков, 1989; Почва ..., 1997; Рохмистров, 1985; Саэт, 1983; Сорокина, 1983; Хакимов, 1997; Хакимов, 2003; Экологическая ..., 2000).

Важное место в таких исследованиях занимает изучение почв и почвенного покрова. Городские почвы, выполняя важные экологические функции, подвергаются значительно более интенсивным нагрузкам, чем естественные и используемые в сельском хозяйстве. Принято считать, что все вещества, попадающие в почву или на нее, в течение определенного времени разрушаются и затем разлагаются (за исключением пластмасс). Это действительно так: почва эффективно преобразует и нейтрализует различные отходы и загрязняющие вещества. Она представляет собой универсальный очиститель природной среды.

В почвы города обычно поступают самые различные вещества, которые могут быть отнесены в следующие группы: органические отходы; тяжелые металлы; пестициды и другие хлорорганические соединения; неорганические отходы и др. (Ковда, 1990). Они по эффекту своего воздействия подразделяются на педохимически активные и биохимически активные (Глазовская, 1988).

Одним из показателей самоочищения почвы является скорость преобразования органического вещества в ней, выраженная отношением попадающей на почву органической массы к оставшейся ее части, то есть неразложившейся. На основе скорости трансформации может быть выведен другой показатель – период времени, необходимый для полного разложения органического вещества, поступившего на поверхность почвы.

Однако скорость и емкость биологического круговорота не могут считаться универсальными показателями самоочищения почв от токсичных веществ (чаще всего от минеральных), поскольку одновременно с увеличением интенсивности круговорота увеличивается и количество остаточных загрязняющих веществ в почве, и количество «жертв», подвергаемых их воздействию.

Другим показателем самоочищения почв служит качество и количество гумуса в почве – важного компонента для абсорбции, образования хелатов, комплексов и компенсации других отрицательных явлений.

При оценке способности почвы к самоочищению следует учитывать, что почвы городов в большей части подвержены сильным нарушениям и пертурбациям, что значительно снижает их потенциал самоочищения. Поэтому при исследовании почв городских территорий первостепенное значение придается выявлению степени их нарушенности и определению содержания в них различных поллютантов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в г. Серпухове Московской области. Программа работ предусматривала:

- изучение морфологического строения профиля городских почв и определение степени их нарушенности по сравнению с профилем фоновых почв;
- изучение различных свойств городских почв и установление характера и степени отклонения их от таковых в фоновых почвах;
- определение содержания различных загрязняющих веществ и степени загрязненности городских почв;
- выявление пространственной неоднородности почв города и выполнение комплекса картографических работ.

Город Серпухов расположен в центральной части Русской платформы в южной подзоне хвойно-широколиственных лесов Центральной России. Почвенный покров прилегающих к городу территорий представлен преимущественно дерново-подзолистыми песчано-супесчаными и суглинистыми почвами. Последние часто оглеены. Почвообразующими породами, в основном, служат аллювиальные, водноледниковые и моренные отложения.

Площадь Серпухова – 3260 га, население – около 140 тыс. человек. Это типичный промышленный город Центральной России. Длительное историческое развитие собственной производственной базы, а также расположение Серпухова между двумя крупными промышленными агломерациями (Московской на севере и Тульско-Новомосковской на юге) обусловили высокую степень преобразования природной среды и, как следствие, комплекс экологических проблем. Город представляет собой сложную природно-техногенную систему. Здесь сосредоточено более 50 крупных и средних предприятий приборостроения, машиностроения, стройиндустрии, пищевой промышленности, производства химволокна, кожи, бумаги, текстиля, сукна и др. В городе имеются автодороги с интенсивным движением (особенно возросшим в последние годы), при этом окружной автодороги нет. Через город проходит также крупная железнодорожная магистраль. Выбросы в атмосферу, осуществляемые предприятиями и автотранспортом, а также сбросы в водоемы и попадание различных химических веществ и отходов в почвы значительно загрязняют городскую среду.

Для Серпухова, как и для многих старинных городов России, характерна высокая доля частного сектора (индивидуальных домов с садово-огородными участками) в общей жилой застройке. При этом значительная часть приусадебных земель используется для выращивания овощеводческой продукции, в том числе для реализации на местном рынке, что обуславливает вовлечение поллютантов в трофические цепи.

Методы полевых, лабораторных и камеральных работ в целом соответствуют основным положениям, предусмотренным в ряде работ (Касимов, 1990; Ковда, 1990; Методические ..., 1981; Моисеенков, 1989; Хакимов, 2003) и имеют некоторые особенности.

В период подготовительных работ были собраны и обобщены имеющиеся фондовые материалы, проведено всестороннее изучение городской территории: расположение промышленных и других предприятий, жилых массивов, выделение различных типов территорий по характеру их использования и т. п. и составлены следующие карты:

- карта размещения промышленных предприятий, транспортных и коммунально-бытовых объектов, где отражены все возможные загрязнители окружающей среды;
- карта типов земель, на которой выделены участки: сохранившиеся естественные (леса, лесопарки, луга и т. п.), искусственно озелененные (парки, бульвары, скверы, газоны и т. п.), под индивидуальной застройкой и застройкой городского типа, под промышленными предприятиями, кладбищами и др.;
- карта коммуникаций, на которой показаны автомагистрали в черте города с интенсивностью движения до 200, 200–500 и более 500 автомашин в час; железные дороги, газопроводы, линии электропередач;
- карта структуры рельефа земной поверхности, отображающая выпуклые и вогнутые формы рельефа, направление и пути миграции водных и геохимических потоков (Временная ..., 1984). На этой карте выделены: элювиальные – сравнительно плоские приподнятые поверхности; транзитные участки – склоны; аккумулятивные – замкнутые и полужамкнутые западинные участки, а также долины и поймы рек.

Все карты сами по себе и их сопряженный анализ позволили получить представление об организации городской территории, о ее эколого-геохимических особенностях (в целом и различных ее частей), целенаправленно определить места опробования почв и тем самым значительно сократить их число. В дальнейшем, при камеральной обработке материалов, эти карты способствовали более обоснованной пространственной интерпретации полученных результатов.

Точки опробования (38 разрезов и 120 прикопок) были размещены на различных типах городской территории и на территории Приокско-Террасного биосферного заповедника (4 разреза), выбранной в качестве фоновой. Вокруг каждой точки в радиусе 10–15 м в 5–7 местах отбирались образцы с глубины 0–10 см для приготовления смешанной пробы. В разрезах образцы отбирались по генетическим горизонтам или слоям.

В пробах из генетических горизонтов почв определялись емкость катионного обмена (ЕКО), содержание гумуса, состав поглощенных оснований, *pH* водный и солевой, гранулометрический состав, содержание азота, фосфора, калия и др. Кроме того, во всех образцах определено содержание валовых форм тяжелых металлов (ТМ), суммы полихлорбифенилов (ПХБ), ДДТ, гексахлорана, линдана, фтора и нитратов. В перечень исследуемых ТМ были включены следующие элементы: *Cr* и *Zn* (встречаются в технологическом цикле 9 предприятий), *Ni* (8 предприятий), *Cu* (6 предприятий), *Pb* (5 предприятий) и *Cd* (4 предприятия) (Экологическая ..., 2000). Исследование содержания в почве ДДТ представляет интерес в связи с широким применением этого препарата в прошлом, его высокой устойчивостью, а также имеющимися отдельными данными о его сравнительно высоком содержании в почвах и донных отложениях. ПХБ в течение долгого времени использовались в качестве диэлектрика на заводе «Конденсатор» и ранее проведенные определения выявили высокое содержание их в пробах почв, вод, растительной и животной продукции (Плескачевская, 1992; Сурнина, 1992). В связи с этим вопросам оценки загрязнения почв

ПХБ в г. Серпухове уделялось особое внимание, и поэтому их содержание определялось во всех пробах почв.

Определение ПХБ, ДДТ, ТМ и других поллютантов проводилось в лабораториях НПО «Тайфун» (г. Обнинск).

При изучении содержания загрязняющих веществ в почвах города внимание уделялось как радиальной их изменчивости, так и латеральной. Распределение содержания поллютантов в почвенном профиле оценивалось по их содержанию в пробах, отобранных по генетическим горизонтам почвенного профиля, а пространственное распределение – по данным, полученным в смешанных пробах, и путем составления карт. При определении степени загрязнения почв за величину порога токсичности содержания поллютантов была принята их предельно-допустимое количество – ПДК или двойное фоновое значение.

На основе полученных данных были составлены карты: почвенная, содержания ТМ, ДДТ, ПХБ. При почвенно-геохимическом картографировании преимущественно был применен аналитический принцип отображения и лишь частично – комплексный (Касимов, 1992). Аналитический принцип предусматривает отображение одного явления, процесса или свойств вне связи с другими явлениями и свойствами. По такому принципу составлены поэлементные карты содержания ТМ и полихлорбифенилов. По комплексному принципу, который предусматривает совмещение показа нескольких явлений или процессов, построены почвенная карта и интегральная экологическая карта (Деева, 1998).

При выделении на карте контуров распределения загрязняющих веществ предлагается два подхода (Касимов, 1992): 1) картографирование континуальных геохимических (или почвенно-геохимических) полей, полученных при сплошном сетевом или векторном опробовании, с использованием метода изолиний; 2) составление геохимических карт с дискретно распределенной информацией о содержании поллютантов. Нами при составлении карт содержания ТМ предпочтение было отдано второму подходу, а при составлении карты содержания полихлорбифенилов были использованы оба подхода. При этом исходили из следующих соображений.

В любой точке города содержание какого-либо поллютанта в почве может быть следствием ряда причин: попадания из атмосферы и с поверхностными водами, аккумуляция в результате перераспределения геохимическими потоками, поступления с отходами, внесения загрязненных органических удобрений и др. В каждом из этих случаев ареал и характер распределения загрязняющих веществ в будет иметь свои особенности. Поэтому данные о содержании ТМ, хлорорганических соединений и других загрязняющих веществ в каждой точке опробования часто резко различаются и носят дискретный характер.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные группы почв, их морфологическое строение и распространение

Разделение почв города проведено по систематике, предложенной для почв г. Москвы (Агаркова, 1991; Почва ..., 1997). По морфологическому строению профиля в г. Серпухове выделены следующие группы почв: естественные ненарушенные; естественные нарушенные; искусственно созданные. Список основных групп почв города и их площади приведены в табл. 1.

Естественные ненарушенные почвы в г. Серпухове приурочены к территориям крупных лесопарков и лесных массивов (Городского бора и Посадского леса) и представлены подтипом дерново-слабоподзолистых песчаных и супесчаных почв на древнеаллювиальных отложениях. По пониженным элементам рельефа в условиях временного дополнительного поверхностного увлажнения формируются дерново-слабоподзолистые глееватые почвы.

Естественные ненарушенные почв фрагментами сохранились в поймах рек Нара, Серпейка, Чавра и Боровлянка, где они представлены почвами полугидроморфного и

гидроморфного ряда: аллювиальными луговыми, лугово-болотными, дерново-карбонатными.

Таблица 1

Основные группы почв в г. Серпухове и их площади

№ п/п	Группа почв	Площадь, %
1	Естественные ненарушенные (дерново-слабоподзолистые песчаные и супесчаные, дерново-слабоподзолистые глееватые, пойменные)	12,0
2	Естественные слабо- и сильнонарушенные	10,0
3	Искусственно созданные, в т. ч.	76,5
а	урбаноземы	11,0
б	культуросемы	37,0
в	культуросемы деградированные	10,0
г	индустриоземы	18,0
д	некроземы	0,5
4	Водная поверхность	1,5

Естественные нарушенные почвы имеют ненарушенную нижнюю часть профиля естественных почв и антропогенно-нарушенные или искусственно созданные верхние горизонты. Они представлены подгруппами слабонарушенных и сильнонарушенных почв. В подгруппе слабонарушенных почв изменения затрагивают гумусово-аккумулятивные горизонты (10–25 см), которые часто перемешаны, срезаны или засыпаны одним или несколькими слоями мелкозема, имеют включения мусора. В сильнонарушенных почвах глубина нарушения профиля достигает иллювиальных горизонтов (25–50 см).

К подгруппе слабонарушенных почв отнесены также почвы распахиваемых участков, расположенных в черте города, с дерново-среднеподзолистыми суглинистыми почвами, часто глееватыми и глеевыми.

Искусственно созданные почвы (урбаноземы), также подразделяются на несколько подгрупп:

Собственно урбаноземы – образовались в результате градостроительства и жизнедеятельности человека и характеризуются отсутствием генетических почвенных горизонтов; представлены культурными отложениями, состоящими из различной степени гумусированности пылеватого субстрата разной мощности с включениями мусора. Собственно урбанозем характеризуется разрезом 24/91, заложенным в небольшом скверике под пологом старых тополей. Травянистая растительность представлена в основном злаками: костром безостым, ежой сборной, мятликом луговым и др.

0–10 см	Uh/a1	Темно-серый, легкий суглинок, порошистый, рыхлый, свежий, густо переплетенный корнями, с единичными включениями мусора, переход ясный, граница ровная.
10–23 см	U2/a2	Неоднородный по окраске (на буром фоне темно-серые и желтые пятна) и по гранулометрическому составу (от песка до легкого суглинка), плотнее предыдущего слоя, включения мусора (более 10 %), переход резкий по цвету и сложению, граница ровная.
23–37 см	U3/a2	Бело-грязный разрушенный известняк, уплотнен, крупные корни деревьев, бытовой и строительный мусор (более 10 %), переход резкий.
37–47 см	U4/a3	Желтовато-серый крупнозернистый песок, сырой, большое количество обломков кирпича и другого строительного мусора, переход ясный.
47–90 см	U5/a4	Серый, суглинистый, очень плотный, с обломками известняка и со значительным количеством строительного мусора. Глубже светло-бурый моренный суглинок.

Буквой «U» обозначены искусственно образованные слои, а проставленные рядом с числа 1, 2, 3, и т. д. указывают на порядок расположения слоев в профиле. Наличие включений обозначено буквой «а», а по их количеству, выраженному в процентах от массы горизонта, выделено четыре категории: а1 – единичные включения, а2 – до 25 %, а3 – 25–50 %, а4 – более 50 % (Агаркова, 1991; Почва ..., 1997).

Согласно предложенной терминологии данная городская почва называется урбанозем среднетощный суглинистый с антропогенными включениями более 25 %, подстилаемый моренными суглинками.

Культуроземы – городские почвы старых парков, садов и приусадебных участков – отличаются большой мощностью гумусированного и перегнойно-компостного слоя (40–100 см) и в целом всего почвенного профиля; обладают высоким плодородием. Разр. 4/91 характеризует культурозем среднетощный легкосуглинистый на аллювиальных отложениях. Высокая пойма р. Нара, огородный участок. Мощность гумусированного слоя 67 см, верхние 30 см темно-серого, 30–67 см – серого цвета. Почва хорошо оструктурена, комковато-творожистая, легкосуглинистая, немногочисленные включения бытового мусора. Подстиляется песчано-суглинистыми аллювиальными отложениями.

Площади культуроземов уменьшаются за счет сноса частных домов и строительства многоэтажных зданий. При этом гумусированный слой срезается, засыпается и перемешивается с мусором. В таких случаях эти почвы отнесены к подгруппе культуроземов слабо- и сильнодеградированных (или погребенных).

Собственно урбаноземы и культуроземы – самостоятельные почвы, обладающие присущими им свойствами и признаками. Первые из них представляют собой искусственно созданную толщу и являются результатом пертурбации природных почв при градостроительстве. Степень выраженности результатов новейших процессов почвообразования, протекающих в измененных городских условиях, различна и зависит, прежде всего, от их продолжительности. Например, встречаются свеженасыпные грунты, на которых формирование почв только начинается, и, наоборот, встречаются участки, где на насыпных грунтах в течение десятилетий протекало почвообразование и успели формироваться гумусовые горизонты городских почв.

Культуроземы по сравнению с естественными почвами также имеют трансформированный профиль. Однако изменения в них происходили постепенно, в результате длительных антропогенных воздействий, направленных на улучшение агрономических свойств и повышение плодородия почв. Они характеризуются большой мощностью гумусовых горизонтов, отсутствием гор. А₂, хорошей агрегированностью. Такие признаки являются следствием изменения важнейших физико-химических свойств. Заметное подщелачивание, увеличение ЕКО и Ca^{2+} в составе поглощенных оснований привели к усилению процессов гумусонакопления, уменьшению выноса продуктов почвообразования из почвенного профиля и т. п.

Индустриоземы – почвы территорий промышленных предприятий, сильно измененные физически (уплотненные) и химически (загрязненные различными отходами производства). На территории предприятий наряду с индустриоземами могут встречаться урбаноземы и культуроземы.

Некроземы – почвы городских кладбищ.

Экраноземы – почвы, находящиеся под асфальто-бетонным покрытием. Нами эти почвы не исследовались.

Некоторые химические свойства городских почв

Почвы города по своим основным свойствам существенно отличаются от почв Приокско-Террасного биосферного заповедника (табл. 2). Различия в свойствах обусловлены, с одной стороны, особенностями строения профиля городских почв, с другой – процессами, вызванными техногенными воздействиями на почвы (подщелачивание, загрязнение ТМ, хлорорганическими соединениями и др.).

Распределение органического вещества в профилях основных почв города проиллюстрировано на рис. 1. В естественных ненарушенных почвах его содержание в верхнем горизонте колеблется от 2 до 7 %, резко падая до 0,5–0,2 % на глубине 20–40 см. В профиле культуроземов содержание гумуса в поверхностных горизонтах (0–30 см) составляет 1,5–3,5 %, иногда достигает 5 % и более. С глубиной количество органического вещества уменьшается постепенно, однако часто превышает 1 % на глубине 60–90 см. В урбаноземах наблюдается наибольший разброс значений содержания органического вещества – от 1,1 до 10 % в верхних слоях; его количество с увеличе-

нием глубины падает, однако при этом колеблется в широких пределах. В отдельных разрезах отмечается содержание органического вещества более 3 % на глубине 110–130 см.

Таблица 2

Некоторые химические свойства основных почв г. Серпухова

Горизонт	Глубина, см	Общий углерод, %	pH		Емкость катионного обмена мг-экв/100 г	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	Обменные основания, мг-экв/100 г			
			водный	солевой			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Естественные ненарушенные почвы										
Дерново-слабоподзолистая оглеенная песчаная на древнеаллювиальных отложениях (Разрез № 11/90 (заповедник). Лес, ель, редко береза)										
AO	0–8	*	4,05	3,40	9,36	17,30	4,0	1,5	0,10	0,74
A1	8–14	2,67	3,95	3,30	*	11,20	0,3	0,2	0,03	0,10
BIG	14–49	0,23	4,70	4,10	*	1,15	0,3	0,2	0,01	0,01
BCG	49–69	0,11	5,05	4,30	*	1,60	0,3	0,2	0,03	0,02
C	69–75	*	5,05	4,45	*	1,43	0,3	0,2	0,02	0,01
Дерново-слабоподзолистая песчаная на аллювиальных отложениях (Разрез №1/91. Сосновый лес, изреженный)										
AO	0–7	2,70	5,45	4,75	4,68	4,23	3,7	0,4	0,30	0,13
A1	7–16	1,45	5,50	4,60	2,34	3,40	1,9	0,1	0,03	0,07
B1	16–25	0,69	5,70	4,70	1,56	2,21	1,1	0,2	0,02	0,04
B2	25–44	*	5,75	4,75	0,78	1,15	0,3	0,1	0,01	0,04
BC	44–66	*	5,90	4,95	0,78	0,75	0,4	0,1	0,02	0,04
C	66–120	*	5,60	4,65	1,04	0,75	0,5	0,1	0,02	0,03
Дерново-среднеподзолистая супесчано-суглинистая на моренном суглинке (Разрез № 45/91. Городской парк)										
AO	0–5	2,35	5,75	4,75	4,42	7,28	5,7	0,4	0,04	0,17
A1	5–19	1,16	5,40	4,15	1,56	4,71	1,4	0,1	0,04	0,06
A2	19–34	0,17	5,50	4,30	1,04	3,40	0,7	0,3	0,03	0,05
BI	34–54	0,17	5,25	4,05	1,56	3,05	2,1	0,5	0,04	0,06
BC	54–70	*	5,10	3,70	5,20	9,04	7,0	1,5	0,08	0,16
Урбаноземы										
Культурозем среднесплодный среднесуглинистый на аллювиальных отложениях (Разрез № 4/91. Пойма р. Ока, огород)										
U1h/a1	0–30	1,37	7,70	7,40	48,62	0,48	26,9	1,8	0,08	0,23
U2h/a1	30–60	1,20	7,75	7,35	49,14	0,48	25,2	1,6	0,09	0,15
U3h/a1	60–86	0,85	7,65	7,25	49,14	0,43	22,9	0,6	0,10	0,13
U4	86–100	0,22	7,55	7,45	30,16	0,35	12,8	0,4	0,08	0,11
U5	100–120	0,45	7,90	7,45	47,06	0,35	18,7	1,5	0,07	0,11
Урбанозем среднесплодный среднесуглинистый на моренном суглинке (Разрез № 24/91. Сквер в районе АО «Химволокно», огород)										
U1h/a1	0–10	4,53	7,90	7,60	49,40	0,54	29,5	0,9	0,07	0,30
U2h/a2	10–23	1,62	8,45	8,00	44,46	0,31	22,7	0,5	0,07	0,11
U3h/a2	23–37	0,75	8,70	8,35	49,14	0,23	31,2	1,1	0,10	0,16
U4/a3	37–47	*	8,80	8,10	9,62	0,05	7,5	1,1	0,04	0,03
U5h/a4	47–90	*	8,75	8,30	49,40	0,05	32,0	1,4	0,15	0,15
Урбанозем мощный супесчано-суглинистый на морене (Разрез № 58/91. Газон вдоль дороги)										
U1h/a2	0–20	1,71	8,10	7,65	48,36	0,28	24,0	1,8	0,11	0,48
U2h/a2	20–61	1,86	7,85	7,55	49,92	0,35	26,2	0,8	0,13	0,52
U3h/a1	61–108	3,15	8,10	7,85	49,14	0,05	25,2	1,0	0,13	0,18
U4	108–123	1,89	8,30	7,80	49,00	0,23	24,0	1,2	0,21	0,14
U5h	123–135	*	8,40	7,90	49,92	0,05	19,5	0,9	0,18	0,09
C	135–150	*	8,00	7,60	28,86	0,28	23,0	1,1	0,26	0,20

* – Не определено.

Как отмечается многими авторами (Баканина, 1990; Бериня, 1985; Большаков, 2002; Глазовская, 1988; Обухов, 1989; Почва ..., 1997; Рохмистров, 1985), для городских почв характерны изменения pH в сторону подщелачивания, что подтверждается и нашими исследованиями. Практически во всех почвах города обнаружено значительное повышение значений pH относительно фоновых.

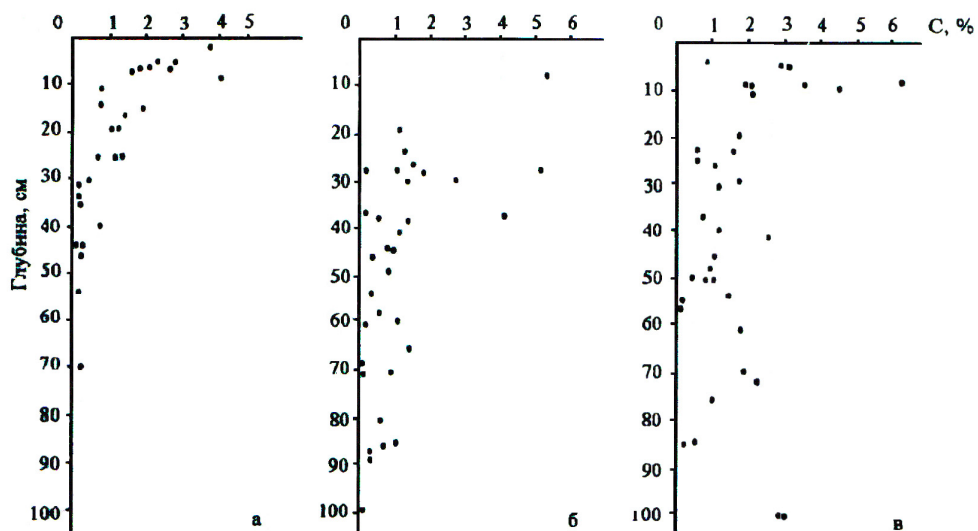


Рис. 1. Содержание гумуса в профиле основных почв города:
 а – естественные ненарушенные почвы; б – культуроземы; в – урбаноземы

Сравнение значений pH в профиле естественных ненарушенных почв города и почв Приокско-Террасного биосферного заповедника показало заметное подщелачивание первых в слое 0–15 см: pH 5,5–6,2 против 4,0–4,5. С увеличением глубины pH сравниваемых почв постепенно выравнивается и на глубине 50–75 см колеблется в пределах 4,9–5,9, а глубже – 5,2–5,9 (рис. 2, а). В культуроземах значения pH с глубиной направленных изменений не претерпевают и колеблются в пределах 6,5–8,5 (рис. 2, б). В урбаноземах характер распределения pH в профиле отличается большим разбросом значений (от 6 до 9) и отсутствием каких-либо закономерностей (рис. 2, в).

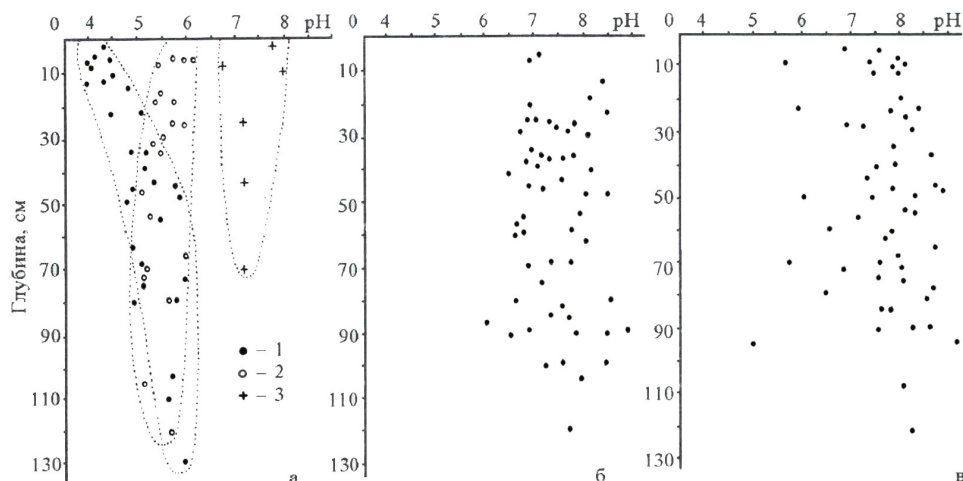


Рис. 2. Значения pH в профиле почв города:
 а – естественные ненарушенные почвы (1 – почвы заповедника, 2 – почвы городских лесов, лесопарков и т. п.; 3 – городские дерново-карбонатные почвы;
 4 – границы ареалов с различными значениями pH); б – культуроземы; в – урбаноземы

Высокие значения pH в почвах города, вероятно, являются следствием попадания в почвы различных материалов и отходов, содержащих щелочные и щелочноземельные металлы (известь, цемент, кирпич, песок, антигололедные реагенты, строительный мусор и др.) (Бериня, 1985; Гантимуров, 1966 и др.). Этой причиной можно объяснить подщелачивание урбаноземов и культуроземов. Однако она не может объяснить изменения pH в ненарушенных почвах, в которые подобные материалы не попадают. Можно утверждать, что отмеченный сдвиг значений pH в верхних горизонтах ненарушенных городских почв обусловлен воздействием веществ, поступающих в почву из атмосферы. При этом можно предположить, что выбросы имеют сугубо местное городское происхождение, поскольку воздействию региональных и глобальных атмосферных потоков подвержены и фоновые почвы, но в них подщелачивание не выявлено.

Сдвиг pH в щелочную сторону приводит к изменению физико-химических, геохимических и биологических процессов в почвенном профиле. В гумусовых горизонтах значительно увеличивается содержание обменных катионов, что приводит к повышению буферности почв. Возрастает поглотительная способность и уменьшается вынос загрязняющих веществ. Наблюдается образование вторичных минералов, уменьшение или полное прекращение миграции коллоидов из верхних горизонтов и утяжеление гранулометрического состава. Известно также, что подщелачивание почв снижает подвижность большинства тяжелых металлов, их доступность растениям и поступление в грунтовые воды (Брукс, 1982; Касимов, 1992; Пинский, 1997; Рэуце, 1986).

Наибольшая емкость катионного обмена (выше 40 мг-экв/100 г) характерна для культуроземов суглинистого состава и с содержанием значительного количества гумуса, наименьшая (менее 12 мг-экв/100 г) – для песчаных малогумусных почв (как естественных, так и искусственно созданных). Урбаноземы отличаются разбросом значений ЕКО как в различных разрезах, так и в профиле конкретной почвы. Это связано с неоднородностью физико-химических свойств материала, из которого слагается профиль этих почв.

Загрязнение городских почв

Содержание тяжелых металлов

Содержание ТМ в профиле почв города. В естественных ненарушенных и слабонарушенных почвах ТМ имеют типичный профиль распределения: сравнительно высокое содержание в гумусовом горизонте и резкое уменьшение их в нижележащих горизонтах (рис. 3). Такое распределение ТМ, по-видимому, обусловлено определенным биогенным накоплением ТМ в верхних горизонтах, дополнительным поступлением их в эти горизонты из атмосферы. Этому также способствует подщелачивание верхних горизонтов ненарушенных городских почв, в результате чего многие ТМ становятся слабоподвижными. В профиле искусственно созданных почв (культуроземов и урбаноземов) распределение ТМ имеет иной вид. В них направленные изменения содержания ТМ по профилю не наблюдаются, их количество колеблется в широких пределах и зависит от состава материалов, слагающих почвенно-грунтовую толщу.

Содержание ТМ в верхнем слое почв. Содержание ТМ в слое 0–10 см изучали в 142 пробах. При оценке загрязненности почв ТМ использовано понятие «порог токсичности», который равняется значению их ПДК (Ориентировочно- ..., 1995; Перечень ..., 1991); рассчитаны коэффициенты концентрации – отношение количества каждого металла в конкретной пробе к значению ПДК (табл. 2). В последующем пробы были сгруппированы с коэффициентами концентрации ТМ менее 1, 1–2, 2–3, 3–5, 5–10, более 10 и по этим значениям составлены поэлементные карты загрязнения почв.

В табл. 3 показано преобладание проб почв с концентрацией большинства ТМ (за исключением Zn) ниже ПДК. Для Cr доля таких проб составляет 97 %, для Cd – 84,5 %, для Cu – около 75 %, для Ni и Pb – 58 %, а для Zn – лишь около 11 %. Высокие концентрации ТМ (за исключением Pb) обнаружены в илах городских очистных со-

оружений, где их количество колеблется: *Cr* – в пределах 21–62 ПДК, *Zn* – 18–37, *Cd* – 6,8–84, *Ni* – 2,8–17, *Cu* – 8,6–22,5, а *Pb* – 1,7–2,7 ПДК.

Как видно из табл. 3, почвы с концентрацией большинства ТМ ниже ПДК явно преобладают. Для *Cr* доля таких проб составляет 97 %, для *Cd* – 84,5 %, для *Cu* – около 75%, для *Ni* и *Pb* – 58 %, а для *Zn* – лишь около 11 %.

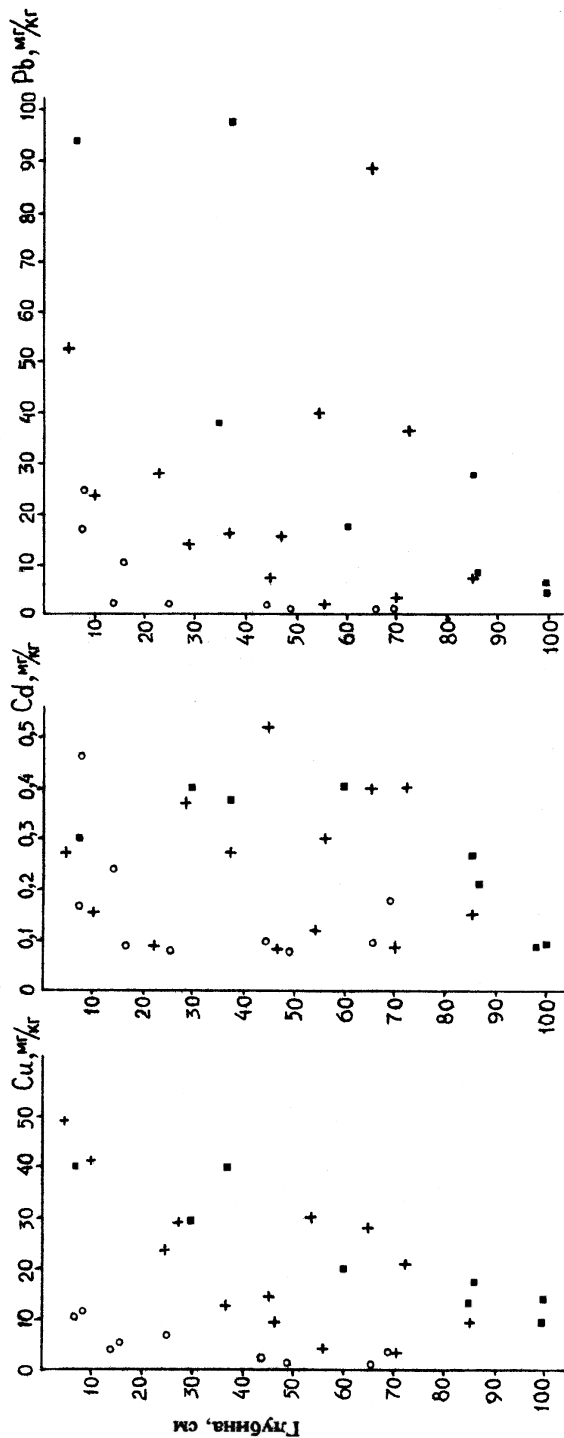


Рис. 3. Распределение значений содержания тяжелых металлов в профиле почв города

а – естественные ненарушенные почвы; б – культуроземы; в – урбаноземы

Повышенное содержание *Cr* приурочено преимущественно к почвам огородных участков, расположенных в различных частях города. Сильнозагрязненные *Cu* почвы занимают незначительные площади (5–10 ПДК – 0,3 % и выше 10 ПДК – 0,2 %) и расположены в районе очистных сооружений и завода РАТЕП. Почвы города *Zn* загрязнены в большей степени, чем другими металлами. Участки с содержанием цинка в почвах менее ПДК занимают лишь 12 % площади города. Средне- и сильнозагрязненные почвы (3–5, 5–10 ПДК и выше) занимают около 6 % территории и прилегают к крупным промышленным предприятиям. Загрязненные *Ni* почвы занимают незначительные площади и мозаично размещены небольшими участками в районе комбината «Химволокно», на огородных участках в верховьях р. Серпейка, в долине р. Каменка ниже завода РАТЕП. Почвы с содержанием *Cd* 1–2 ПДК занимают 6,3 % площади в районе скопления промышленных предприятий. Почвы с уровнем загрязнения *Pb* 5–10 ПДК и выше 10 ПДК занимают по 1 % площади городской территории в районе автовокзала, автостоянок и индивидуальных гаражей, а также вдоль автомагистралей с интенсивностью движения более 500 автомобилей в час.

Таблица 3

Число почвенных проб с различной концентрацией тяжелых металлов, кратной значению ПДК, шт.

Элемент, ПДК (мг/кг)	Типы территорий*	Число проб с концентрацией $n \times \text{ПДК}$					
		< 1	1–2	2–3	3–5	5–10	> 10
1	2	3	4	5	6	7	8
Cr, 90	I	15	–	–	–	–	–
	II	21	–	1	1	–	–
	III	33	–	–	–	–	–
	IV	30	–	–	–	–	–
	V	28	1	–	–	–	1
	VI	11	–	–	–	–	–
	Всего	138	1	1	1	–	1
Cu, 33	I	14	1	–	–	–	–
	II	15	6	–	1	1	–
	III	29	4	–	–	–	–
	IV	21	8	1	–	–	–
	V	19	7	3	–	1	–
	VI	8	2	1	–	–	–
	Всего	106	28	5	1	2	–
Zn, 55	I	1	7	3	3	1	–
	II	5	10	4	3	–	1
	III	1	16	12	3	1	–
	IV	7	15	4	2	1	1
	V	–	12	7	6	4	1
	VI	1	4	5	1	–	–
	Всего	15	64	35	18	7	3
Ni, 20	I	11	4	–	–	–	–
	II	16	6	–	1	–	–
	III	12	21	–	–	–	–
	IV	17	12	1	–	–	–
	V	19	9	2	–	–	–
	VI	7	4	–	–	–	–
	Всего	82	56	3	1	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8
Cd, 0,5	I	15	–	–	–	–	–
	II	17	3	2	1	–	–
	III	33	–	–	–	–	–
	IV	24	6	–	–	–	–
	V	21	7	1	–	1	–
	VI	10	1	–	–	–	–
	Всего	120	17	3	1	1	–
Pb, 32	I	7	4	1	1	1	1
	II	14	4	1	–	–	4
	III	21	10	1	1	–	–
	IV	21	5	–	2	1	1
	V	13	13	1	1	2	–
	VI	6	3	–	–	2	–
	Всего	82	39	4	5	6	6

I – газоны придорожные; II – территории, прилегающие к предприятиям; III – дворы детских садов, школ и т. п.; IV – рекреации (парки, скверы и т. п.); V – подворья, огороды, сады; VI – застройка городского типа.

Сравнение содержания ТМ в почвах города и Приокско-Террасного заповедника выявило во всех почвах города, включая лесопарки, парки и другие рекреации, повышенное содержания ТМ относительно фоновых.

По сумме концентраций тяжелых металлов (Сагт, Смирнова, 1983) в городе выделены следующие категории почв: менее 1 – незагрязненная, 1–16 – допустимая, 16–32 – умеренно опасная, 32–128 – опасная, более 128 – чрезвычайно опасная. По этому показателю преобладающая часть городской территории отнесена к незагрязненной и допустимой, около 10 % – к умеренно опасной. Илы очистных сооружений и небольшие огородные участки, расположенные рядом с радиотехническим предприятием, имеют чрезвычайно опасную загрязненность.

Содержание полихлорированных бифенилов

Полихлорированные бифенилы (ПХБ), ввиду их высокой термической, химической и биологической устойчивости, длительно сохраняются в окружающей среде и поступают в биологические объекты (Плескачевская, 1992; Erickson, 1997). ПХБ – супертоксиканты. Их ПДК составляет в воздухе 0,001 мг/м³, в почве – 0,06 мг/кг, в воде – 1 мкг/л. ПХБ токсичны для кожи и печени человека, действуют на иммунную и репродуктивную системы и на развитие. Более полная характеристика ПХБ и оценка их токсикологического действия на организмы даны в работах ряда ученых (Афанасьев, 1987; Бобовникова, 1988; Плескачевская, 1992; Полихлорированные ..., 2000; Попова, 2000; Сурнина, 1992; Хакимов, 2003).

В г. Серпухове ранее проведенными исследованиями выявлено сильное загрязнение почв, вод, атмосферного воздуха ПХБ (Полихлорированные ..., 2000; Хакимов, 2003). Высокие концентрации ПХБ обнаружены в растительной и животноводческой продукции, а также в молоке кормящих матерей и крови местных жителей (Бобовникова, 1988; Плескачевская, 1992). Сильнозагрязненные почвы и грунты на территории завода «Конденсатор» и вокруг него в течение длительного времени продолжают оставаться вторичным источником загрязнения воздуха, подземных и поверхностных вод и растений.

Распределение содержания ПХБ в профиле почв г. Серпухова. Содержание ПХБ в почвенном профиле подвержено значительным колебаниям (табл. 4), которые без специальных исследований в большинстве случаев труднообъяснимы. Они, по-видимому, обусловлены такими причинами, как характер поступления ПХБ в почву (единично или регулярно в течение длительного

времени, незначительно или в большом количестве); степень и характер нарушенности почвенного профиля; физические, физико-химические и биологические свойства почв; глубина залегания уровня грунтовых вод и содержание в них ПХБ, местоположение по рельефу и др.

Согласно данным табл. 4 экстремальные значения ПХБ в верхних и нижележащих горизонтах характерны для почв в районе завода «Конденсатор» (разрез 2 и разрез б/н). Как видно, хлорированные бифенилы впитались во все горизонты почвенного профиля. Однако вопросы распределения ПХБ в почвенной толще требуют специальных исследований.

Таблица 4

Содержание суммы полихлорбифенилов в профиле почв г. Серпухова

№ разреза, год отбора проб, местоположение	Глубина, см	ПХБ (сумма), мг/кг	№ разреза, год отбора проб, местоположение	Глубина, см	ПХБ (сумма), мг/кг
Разрез № 4/91, пойма р. Нара, огород	0–30	0,092	Разрез № 43/91, газон возле д. № 104 по ул. Весенняя	0–5	0,106
	30–60	0,074		5–29	0,033
	60–86	0,061		29–45	0,036
	86–100	0,036		45–56	Следы
Разрез № 24/91, ул. Химиков, сквер, нарушенная почва	10–23	Не обн.	Разрез № 2/99, ул. Конденсаторная, 8, левый берег ручья, огород	56–70	Следы
	23–37	0,074		0–10	28,1
	37–47	Не обн.		10–22	274
Разрез № 34/91, ул. Оборонная, заброшенный сад, окультуренная почва	47–65	Не обн.	Разрез № б/н, ул. Конденсаторная, 10, правый берег ручья, огород	22–45	948
	0–7	0,081		45–60	78,6
	7–37	0,057		60–80	35,4
	37–85	0,104		0–5	35700
Разрез № 35/91, сквер возле аптеки по ул. Московской, почва нарушенная	85–100	0,043	Разрез № б/н, ул. Конденсаторная, 10, правый берег ручья, огород	5–10	18300
	0–10	0,207		10–20	2350
	10–54	0,191		20–30	2740
	54–72	0,060		30–40	29,4
	72–85	0,061		40–60	50,6

Загрязнение ПХБ верхнего слоя почв города. Средние значения содержания суммы ПХБ в 0–10 см слое почв различных типов территорий приведены в табл. 5.

Таблица 5

Среднее содержание суммы ПХБ в почвах различных типов территорий г. Серпухова, слой 0–10 см (данные за 1991–1992 и 1999 гг.)

Тип территории	Число проб, шт.	Среднее значение, мг/кг	
I тип – газоны (преимущественно придорожные)	15	1,373	
II тип – территории вокруг предприятий	вариант «А»	22	99,77
	вариант «Б»	18	0,83
III тип – дворы детских садов, школ, больниц	32	0,134	
IV тип – парки, лесопарки, скверы, газоны	31	0,284	
V тип – частные подворья, огороды, сады	вариант «А»	32	13,564
	вариант «Б»	27	0,884
VI тип – застройка городского типа (газоны и скверы между домами, во дворах и др.)	11	1,055	

По I типу территории значения концентрации ПХБ колеблются от 0,054 до 4,494 мг/кг, что составляет от менее 1 до 75 ПДК. Наиболее часто встречаемые значения – выше 10 ПДК (в 5 пробах), а наименее – до 1 и 3–5 ПДК (по 1 пробе).

Для II типа территорий характерен еще больший разброс значений содержания ПХБ – от 0 до 1835,7 мг/кг (до 30595 ПДК). Здесь также наиболее часто встречаемые

значения – выше 10 ПДК в 9 пробах (из них в 4 – выше 100 ПДК) и наименее – до 1 ПДК в двух пробах.

Среднее арифметическое значение ПХБ для этого типа территории рассчитывалось в двух вариантах: «А» – по всем 22 пробам; «Б» – из расчета были исключены 4 пробы, расположенные в непосредственной близости к заводу «Конденсатор» и содержащие очень высокие концентрации ПХБ. Как видно из табл. 5, значения по вариантам очень сильно расходятся. Поскольку исключенные в варианте «Б» точки с высоким содержанием ПХБ расположены локально в определенных частях города, то среднее значение, полученное для варианта «Б», следует считать для этого типа городской территории более корректной.

III тип территории (дворы детских учреждений, школ, больниц и др.) – почвы наименее загрязненные по сравнению с другими. Здесь содержание ПХБ в пробах колеблется от «следовых» значений до 0,429 мг/кг (до 7,1 ПДК); в 25 пробах из 31 содержание ПХБ менее 3 ПДК (в т. ч. в 4 – менее 1 ПДК).

Для IV типа территории (рекреации) характерен значительный разброс значений содержания ПХБ в пробах: от «следовых» до 3,861 мг/кг (до 64,3 ПДК). Кроме того, в пробах этих территорий наблюдается заметная поляризация значений. Из 39 проб в 14 содержание ПХБ менее 1 ПДК, а в 11 – более 10 ПДК.

В подворьях, огородах и садах – *V тип территории* – почвы также подвержены сильному загрязнению. Из 30 проанализированных проб в 16 содержание ПХБ превышает 10 ПДК, в том числе в 4 – более 100 ПДК, и лишь в 6 – ниже ПДК. Для этого типа территории среднее значение содержания ПХБ в пробах почв рассчитывалось также в двух вариантах («А» и «Б»), как и для II типа территории. Здесь также несколько проб, отобранных в огородах и дворах, расположенных рядом с заводом «Конденсатор», содержат чрезвычайно большое количество ПХБ (от 13,6 до 172 мг/кг). Поэтому при варианте «Б» эти пробы (4 шт.) в расчет не были включены.

VI тип территории (городской тип застройки – газоны и скверы между домами, дворы и т. п.) по содержанию ПХБ вписывается в общий городской фон: от «следовых» до 3,861 мг/кг (до 64,3 ПДК); из 15 проб в 7 концентрация ПХБ превышает 10 ПДК, лишь в 4 – менее 1 ПДК.

Следует отметить, что участки загрязненных почв были обнаружены в совершенно неожиданных местах; их распределение по территории города очень часто имело выраженную дискретность (Хакимов, 2003). Широкое распространение ПХБ по городской территории и такой характер распределения ареалов загрязненных почв, по-видимому, объясняется существованием множества путей поступления их в почвы. Вот некоторые из них:

1. Испарение ПХБ с загрязненной поверхности в теплое время года и поступление их на растения и почвы в виде аэрозоли или с атмосферными осадками. Подтверждением этого может служить следующий пример. Была отобрана проба на просевшей крыше (высота около 3 м) полуразрушенного строения, находящегося в 250–300 м от забора завода «Конденсатор». На крыше растут мхи, поросль осины, березы, образовался слой 2–4 см из выветрелого материала и растительного опада. В этой пробе содержание ПХБ – 1,39 мг/кг (более 23 ПДК).

2. Использование осадков из отвалов городских очистных сооружений, которые загрязнены ПХБ, в качестве органических удобрений в садах, огородах, а также при благоустройстве городской территории.

3. Перенос ПХБ пылью, автотранспортом и т. п.

4. Перенос ПХБ сточными, поверхностными и подземными водами.

5. Орошение (полив) огородов и садов водами, загрязненными ПХБ.

6. Реализация (распродажа) населению емкостей из-под ПХБ, которые в последующем использовались под воду для полива, под корма для птиц и т.п.

Могут быть и другие пути попадания ПХБ в почвы.

При каждом из этих путей поступления и в каждом конкретном случае попадания ПХБ в почвы их концентрация и ареал распространения могут быть различными. Этим и обусловлена чрезвычайно высокая дискретность распределения значений содержания ПХБ в почвах города.

Содержание других поллютантов в почвах города

Содержание пестицидов. В 72 пробах почв из 102 проанализированных содержание ДДТ ниже значения ПДК, в 18 – превышает ПДК в 1–3 раза, в трех – в 5–10 раз, а в семи – более 10 раз. Наиболее сильно загрязнены ДДТ почвы старых парков и скверов города, а также отдельных садов и огородов, где, по-видимому, ДДТ раньше применялся в качестве инсектицида.

Из других пестицидов определялось содержание линдана и гексахлорана (ПДК 0,1 мг/кг). Во всех 58 пробах почв, в которых было определено содержание линдана, его количество ниже ПДК. Из 79 определений гексахлорана лишь в семи его содержание незначительно превышает ПДК, в остальных – ниже ПДК.

Содержание фтора водорастворимого (ПДК 10 мг/кг). Загрязнения почв города фтористыми соединениями не выявлено. Содержание фтора в верхнем слое почв города колеблется в пределах 0,5–8 мг/кг.

Содержание нитратов (ПДК 130 мг/кг). Лишь в 14 пробах из 71 содержание нитратов превышает ПДК: в 12 пробах – до 3 раз и в двух – в 3–5 раз. Наиболее высокое содержание нитратов обнаружено в почвах огородов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практически все почвы города по сравнению с зональными почвами претерпели значительные изменения. Характер и степень их изменения обусловлены видом и продолжительностью антропогенного воздействия.

По нарушенности морфологического строения профиля в черте города встречаются самые различные почвы: ненарушенные, частично нарушенные и полностью разрушенные (искусственно созданные) при градостроительстве. Среди искусственно созданных почв в отдельную группу выделяются почвы садово-огородных участков длительного пользования (культуросемы). Для всех основных почв города по сравнению с фоновыми почвами Приокско-Террасного биосферного заповедника характерны более высокое содержание гумуса, увеличение ЕКО и заметное подщелачивание.

В перечень наиболее характерных для Серпухова загрязняющих веществ входят ПХБ, ряд тяжелых металлов (*Zn, Cu, Ni, Pb, Cr, Cd*), хлорорганические пестициды (гексахлоран, ДДТ). Большую тревогу вызывает высокое содержание в почвах ПХБ и широкое распространение их на различных типах городской территории, включая огородно-садовые участки, парки и газоны, дворы школ больниц и некоторых детских садов.

Изменения важнейших свойств, содержание загрязняющих веществ в городских почвах обусловлены различными видами антропогенного воздействия, которые нами объединены в три основные группы:

– воздействия через атмосферу – поступление в почву загрязняющих веществ из атмосферы аэрозолями, газами, пылью, атмосферными осадками; таким воздействиям подвержены все почвы города;

– агротехнические воздействия – регулярные обработки, поливы и внесение органических и минеральных удобрений, которым подвержены почвы садово-огородных участков длительного пользования. В результате формируются окультуренные почвы с мощным гумусированным слоем, зернисто-комковатой или творожистой структурой, нейтральной или слабощелочной реакцией и большой емкостью катионного обмена. В то же время для них характерно более высокое содержание различных загрязняющих веществ по сравнению с ненарушенными почвами;

– воздействия, вызванные градостроительством и производством, – частичное или полное нарушение исходных почв и создание новых, представляющих собой почвенно-грунтовую толщу, захлавленную и загрязненную различными отходами. В их профиле в самых различных соотношениях встречаются остатки исходной почвы, насыпного грунта, отходов и мусора, что определяет свойства этих почв и содержание в них поллютантов.

Результаты исследований показали, что городские почвы должны стать объектом всестороннего и углубленного изучения. Наиболее важными представляются

исследования направленности и интенсивности различных почвообразовательных процессов во вновь созданных (городских) условиях (Геннадиев, 1992).

Особое внимание должно быть уделено организации мониторинга состояния городских почв, в первую очередь почв дворов школ, детских садов, больниц, парков. Кроме того, целесообразно провести детальные исследования и оценку состояния почв территорий промышленных предприятий, прежде всего на предмет их загрязнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Агаркова М. Г. Морфолого-генетические особенности городских почв и их систематика / М. Г. Агаркова, Л. К. Целищева, М. Н. Строганова // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. – 1991. – № 2. – С. 11-16.

Афанасьев М. И. Фоновое содержание хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в природных средах (по мировым данным) / М. И. Афанасьев, Н. К. Вулых, А. Н. Загрузина // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1987. – Вып. 5. – С. 31-59.

Баканина Ф. М. Техногенные изменения почвенного покрова городских территорий (на примере г. Горького) // Сб. науч. трудов. – Горький, 1990. – С. 61-66.

Бериня Д. Ж. Изменение химического состава почв под влиянием Са-содержащей пыли // Загрязнение природной среды Са-содержащей пылью / Д. Ж. Бериня и др. – Зинатне, 1985. – С. 15-32.

Бобовникова Ц. И. Последствия дальнего переноса в атмосфере хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов / Ц. И. Бобовникова, А. В. Дибцева и др. // Гигиена и санитария. – 1988. – № 7. – С. 4-8.

Большаков В. А. Тяжелые металлы в почвах района «Ховрино» г. Москвы / В. А. Большаков, З. Н. Кахнович // Почвоведение. – 2002. – № 1. – С. 121-126.

Брукс Р. Р. Загрязнение микроэлементами // Химия окружающей среды. – М.: Химия, 1982. – С. 371-413.

Временная методика по составлению карт пластики рельефа крупного и среднего масштаба. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1984. – 20 с.

Гантимуров И. И. К вопросу о метаморфозе почв городов по данным наблюдений в г. Новосибирске // Охрана природы на Урале. – Свердловск, 1966. – Вып. 5. – С. 45-52.

Геннадиев А. Н. О принципах группировки и номенклатуры техногенно-измененных почв / А. Н. Геннадиев, Н. П. Солнцева, М. И. Герасимова // Почвоведение. – 1992. – № 2. – С. 46-60.

Герасимова М. И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Уч. пособие / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова и др. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.

Глазовская М. А. Гехимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. шк., 1988. – 328 с.

Деева Н. Ф. Методические проблемы почвенно-экологического картографирования / Н. Ф. Деева, А. С. Керженцев // Почвоведение. – 1998. – № 9. – С. 1112-1118.

Касимов Н. С. Эколого-геохимические оценки городов / Н. С. Касимов, В. В. Батоян и др. // Вестник МГУ. Сер. География. – № 3. – С. 3-12.

Касимов Н. С. О геохимии почв / Н. С. Касимов, А. И. Перельман // Почвоведение. – 1992. – № 2. – С. 9-26.

Ковда В. А. Патология почв и охрана биосферы планеты // Пространственно-временная организация и функционирование почв. – Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. – С. 8-43.

Макаров В. З. Эколого-географическое картографирование городов / В. З. Макаров, Б. А. Новаковский, А. Н. Чумаченко. – М.: Науч. мир, 2002. – 140 с.

Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. – М.: Гидрометеоиздат, 1981.

Моисеенков О. В. Эколого-геохимический анализ промышленного города (на примере г. Тольятти): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1989. – 33 с.

Обухов А. И. Биогеохимия тяжелых металлов в городской среде / А. И. Обухов, О. М. Лепнева // Почвоведение. – 1989. – № 5. – С. 65-73.

Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах. (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91). Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020–94. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1995. – 8 с.

Перечень ПДК и ОДК химических веществ в почве. Изд. официальное. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1991. – 17 с.

- Пинский Д. Л.** Ионообменные процессы в почвах. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. – 166 с.
- Плескачевская Г. А.** Гигиеническая оценка загрязнения хлорированными бифенилами окружающей среды / Г. А. Плескачевская, Ц. И. Бобовникова // Гигиена и санитария. – 1992. – № 7-8. – С. 16-19.
- Полихлорированные бифенилы.** Супертоксиканты XXI века // Информационный выпуск № 5. – М.: ВИНТИ, 2000. – 189 с.
- Попова А. Ю.** Хлорированные бифенилы – гигиеническая проблема современности / А. Ю. Попова, Г. М. Трухина. – М.: Моск. НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана, 2000. – 244 с.
- Почва, город, экология** / Под общей ред. Г. В. Добровольского. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
- Рекомендации по утилизации илов городских очистных сооружений.** – М.: Госкомэкология России, 1999. – 53 с.
- Рохмистров В. Л.** Изменение дерново-подзолистых почв в условиях крупного промышленного центра / В. Л. Роخمистров, Т. Г. Иванова // Почвоведение. – 1985. – № 5. – С. 71-76.
- Рэуце К.** Борьба с загрязнением почв. Пер. с румын. / К. Рэуце, С. Кырстя. – М.: Агропромиздат, 1986. – 221 с.
- Сагт Ю. Е.** Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях / Ю. Е. Сагт, Р. С. Смирнова // Вопросы географии. – 1983. – М.: Мысль, 1983. – № 120. – С. 45-55.
- Сорокина Е. П.** Картографирование техногенных аномалий в целях геохимической оценки урбанизированных территорий // Вопросы географии. – М.: Мысль, 1983. – № 120. – С. 55-67.
- Сурнина Н. Н.** Результаты наблюдений за состоянием атмосферы в местах импактного загрязнения природной среды полихлорированными бифенилами // Загрязнение почв Советского Союза токсикантами промышленного происхождения в 1991 году: Ежегодник. – Обнинск, 1992. – Ч. 2. – С. 238-243.
- Хакимов Ф. И.** К исследованию трансформации и загрязнения городских почв (методические вопросы): Материалы Междунар. конф. «Проблемы антропогенного почвообразования» / Ф. И. Хакимов, Н. Ф. Деева, А. А. Ильина. – М., 1997. – С. 187-190.
- Хакимов Ф. И.** Загрязнение полихлорированными бифенилами почв города Серпухова / Ф. И. Хакимов, Н. Ф. Деева, А. А. Ильина // Почвоведение. – 2003. – № 4. – С. 493-498.
- Экологическая ситуация в городе Серпухове и перспективы ее улучшения.** – М.: ПОЛТЕКС, 2000. – 225 с.
- Erickson M. D.** Analytical chemistry of PCBs. – N.-Y.: Lewis publishers, 1997. – 389 p.

Надійшла до редколегії 25.03.04