

На правах рукописи

Корчагина Кристина Викторовна

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ
МЕТАЛЛАМИ С УЧЕТОМ ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ
ОБЪЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ

Специальность 03.02.13 — почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
МГУ имени М.В. Ломоносова
Смагин Андрей Валентинович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник
Института Водных проблем РАН
Щеголькова Наталия Михайловна

кандидат биологических наук,
ведущий эколог филиала
ОАО "Гипротрубопровод" - "Инженерные
изыскания"
Ермак Антон Александрович

Ведущая организация: РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Защита состоится « 23 » декабря 2014 года в 15³⁰ в аудитории 398-М на заседании Диссертационного совета Д 501.001.57 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, стр.12, Факультет почвоведения МГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2014 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета или присылать отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 12, МГУ им. М.В. Ломоносова, ф-т Почвоведения, Ученый совет. Факс (495) 939-29-47

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
Доктор биологических наук,
Профессор



А.С. Никифорова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Городские территории испытывают высокую антропогенную нагрузку, в результате которой происходит сильная загрязненность почв тяжелыми металлами. Поступление тяжелых металлов в почву обусловлено выбросами автотранспорта, промышленных предприятий, тепловых электростанций, миграцией из свалок и открытых карьеров.

В попытках урегулировать и сократить процесс загрязнения городских почв в Москве, первом из субъектов Российской Федерации, был принят закон «О городских почвах», а также существует ряд нормативных и методических документов в области экологического нормирования. Но в современном природоохранном законодательстве не достаточно подробно разработана научно-обоснованная дифференцированная система нормативов качества городских почв, что затрудняет их экологическую оценку и рекультивацию. Очевидно, что в отличие от гомогенных сопредельных сред (вода, воздух) почва, как существенно неоднородный сложноорганизованный с физической точки зрения профильно - распределенный объект, не может быть репрезентативно охарактеризована только показателем концентрации загрязняющего вещества в поверхностном слое. Отсюда возникает необходимость дальнейшей разработки критериев загрязнения городских почв с учетом физической организации этих объектов для адекватной экологической оценки качества.

Цель диссертационной работы

Исследовать на количественном уровне влияние физической организации городских почв на ресурсную оценку их техногенного загрязнения.

Задачи исследования

1. Изучить закономерность профильного распределения техногенных поллютантов на примере тяжелых металлов 1, 2 класса опасности на территории Москвы;
2. Проанализировать влияние профильного распределения загрязняющих веществ почв на результат оценки техногенного загрязнения по объемным концентрациям и запасам поллютанта;
3. Проанализировать влияние плотности почв на результат оценки техногенного загрязнения по объемным концентрациям и запасам поллютанта;
4. Обосновать систему нормативов техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами 1, 2 класса опасности на базе действующих ОДК и ПДК с учетом физической организации исследуемых объектов.

Научная новизна

Впервые для условий г. Москвы выявлена роль физической организации почв в оценке их техногенного загрязнения и на этой основе предложены дифференцированные критерии и нормативы качества городских почв как распределенного гетерогенного ресурса. На этой основе произведена тестовая оценка загрязнения почв тяжелыми металлами и мышьяком в основных административных округах г. Москвы, охватившая наряду с традиционно-изучаемыми поверхностными горизонтами всю условно-нормативную почвенную толщу мощностью 1 метр. Это позволило выявить удаленные от поверхности очаги загрязнения почв ряда округов (ЮВАО, ВАО), преимущественно с наличием промышленных зон, и произвести корректировку степени загрязнения подобных объектов в сторону ее увеличения.

Защищаемые положения

1. Адекватная оценка техногенного загрязнения городских почв невозможна без учета профильного распределения поллютанта в условно-нормативной толще (1 м, согласно закона г. Москвы «О городских почвах»).

2. Поверхностные слои почвы (подстилка, гумусовый горизонт, искусственные торфосмеси), которые используются для определения уровня загрязнения почвы в настоящее время, сильно различаются по плотности. Поэтому целесообразно проводить оценку с использованием показателей концентрации поллютанта относительно объема вмещающего слоя, а не относительно массы почвы.

3. В качестве интегрального ресурсного показателя загрязнения городских почв в границах условно-нормативной толщи целесообразно использовать запасы валовых форм поллютантов, рассчитываемые по данным о профильном распределении их объемных концентраций.

4. Использование показателей запасов поллютанта вместо массовых концентраций позволит давать корректную оценку уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами, не требуя изменения уже функционирующей нормативно-законодательной базы.

Практическая значимость

Результаты исследования могут быть использованы для развития научно-обоснованной нормативно-правовой базы оценки экологического качества почв мегаполиса, как первоочередной задачи Закона г. Москвы от 4 июля 2007 года №31 «О городских почвах» (в редакции Законов города Москвы от 21.11.2007 № 45, от 10.06.2009 № 19, от 03.04.2013 № 13). Кроме того, получаемые данные профильного распределения и суммарных запасов поллютантов в условно-нормативной почвенной толще необходимы для информационного обеспечения технологий ремедиации и рекультивации загрязненных почв.

Апробация диссертации

Результаты работы и основные положения были представлены и обсуждались на конференции «Научная конференция молодых ученых и специалистов РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» (Москва, 2013); на VI молодежной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука XXI века: новый подход» (Санкт-Петербург, 2013), на IX Международной научно-практической конференции «Науки о Земле на современном этапе» (2013), на VI Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экологии Южного Урала» (Оренбург, 2013), на XXI Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых Ломоносов – 2014 (Москва, 2014) и на заседаниях кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 6 статей (из них 3 в журналах, рекомендованных ВАК) и 3 тезиса докладов.

Объем и структура работы

Диссертационная работа изложена на 145 страницах, включая 9 таблиц и 57 рисунков; состоит из введения, трех глав (обзор литературы, объекты и методы исследования, обсуждение результатов исследования), выводов, списка цитируемой литературы, включающего 134 наименования (из них 33 на английском языке).

Автор выражает благодарность своему научному руководителю проф. А.В. Смагину; заведующему кафедры физики и мелиорации почв проф. Е.В. Шеину за оказанное внимание, поддержку и помощь в работе; в.н.с. НИиПИ Экологии Города к.б.н. Т.В. Решетиной за ценные консультации и советы в работе.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

Глава состоит из трех разделов. В первом разделе охарактеризовано техногенное загрязнение городских почв и его источники; рассмотрены встречающиеся в городских почвах тяжелые металлы и их влияние на свойства городских почв (Бычинский, 2008; Савич, 2012; Добровольский, 1997; Водяницкий, 1998 и др.; Зубкова, Карпачевский, 2001; Ладонин, Ладонина, 2000; Мотузова, Карпова, Барсова, 2011; Прокофьева, Строганова, 2004; Строганова, Агаркова, Мягкова, 1997; Строганова, Прокофьева, 1998; Bradl, 2005, Alloway, 1990).

Во втором разделе рассмотрены методы проведения оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами в настоящее время в Москве и исследован зарубежный опыт экологической оценки почв. (Барсегян, Гендугов, Глазунов, 2009; Большаков и др., 1999; Водяницкий, 2011; Гусева, 2008;

Макаров, 2003; Пинский Д.Н., 2012; Смагин, Шоба, Макаров, 2008; Савич и др., 2012; Яковлев, Гендугов, Глазунов, 2009; Щеголькова 2006, 2007; Яковлев и др., 2010; Юхан, 2009; Candeias, 2010; Coby S.C. Wong, 2006; Morton Bermea, 2009).

В третьем разделе обсуждена роль физических показателей почвы (плотности и профильного распределения поллютанта) в оценке уровня загрязнения почв тяжелыми металлами (Смагин, Шоба, Макаров, 2008).

Глава 2. Объекты и методы исследования

В соответствии с ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.7.2042-06 нормативы ПДК и ОДК действуют на всей территории Российской Федерации для всех видов землепользования и одинаковы для всех почв. Поэтому отбор проб производился на всей территории Москвы независимо от типа почвы, ее свойств, близости или удаленности к источникам загрязнения. Для того, чтобы исследовать всю территорию города, образцы отбирались в каждом административном округе. На законодательном уровне оценка загрязнения почв проводится одинаково на всей территории Москвы. Единственная дифференциация значений ПДК и ОДК проводится на уровне гранулометрического состава, который фиксировался для каждого разреза. Поэтому исследование проводилось на территориях разного назначения. Среди мест отбора проб были территории промышленных (ЮВАО), торговых предприятий (ЮЗАО, ЮАО) и жилые территории (ЗАО, СВАО, САО, СЗАО), территории вблизи крупных магистралей (ЮВАО, ЗАО, ЦАО, СЗАО) и удаленные от них (ВАО, ЮАО).

Для определения содержания тяжелых металлов 1 и 2 класса опасности во всех округах закладывалось несколько разрезов (номер разреза будет указываться рядом с названием административного округа, например ЮВАО1, ЮВАО2, ЮВАО3 и т.д.), в каждом из которых в летний период отбирались смешанные пробы для определения валового содержания тяжелых металлов так, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. Валовое содержание тяжелых металлов в мг/кг определялись в соответствии с М-МВИ-80-2008, а также ПНД Ф 16.1:2.23-2000. На тех же глубинах, на которых проводился отбор проб, отбирались образцы для определения плотности сложения почв традиционным буровым методом (Шеин, 2005). Среди тяжелых металлов 1 класса опасности были определены концентрации цинка, свинца, кадмия, мышьяка и ртути. Среди тяжелых металлов 2 класса опасности были определены концентрации никеля и меди.

В законе “О городских почвах” № 31, принятом на уровне субъекта федерации (г. Москвы) 04.07.2007 в статье 1 предложена условная граница в 1 метр, отделяющая городские почвы как объект экологической оценки, мониторинга и менеджмента. Расчет запасов на метровую толщу дает возможность увидеть реальный запас загрязняющего вещества, влияющий и угнетающий растения суммарными запасами в слое данной мощности

(концентрациями относительно объема вмещающего слоя), а не массовыми долями (концентрациями относительно массы почвы), в особенности в поверхностных слоях, сильно различающихся по плотности. К тому же корни растительности, в особенности древесной и кустарниковой, занимают значительно большее пространство, чем верхние 10-20 см, где принято исследовать загрязнение в настоящее время; отсюда суммарные запасы поллютанта во всей корнеобитаемой толще будут более адекватным показателем загрязнения и угнетения растительности, чем поверхностные концентрации (Смагин, Шоба, Макаров, 2008). Поэтому для расчетов запасов тяжелых металлов использовалась именно глубина 1 м.

По исходной информации рассчитывались объемные концентрации на исходных глубинах, на основе которых была проведена математическая обработка профильного распределения объемных концентраций на всю глубину разреза с шагом 5 см (в верхнем десятисантиметровом слое) и 10 см (по всему профилю начиная с глубины 10 см), включающая сплайн-аппроксимацию исходных данных, интерполяцию на метровую толщу и численное интегрирование в пределах указанной толщи (автор компьютерной программы М.В. Глаголев). В результате численного интегрирования были рассчитаны запасы тяжелых металлов ($ЗВ$) в метровой толще по аппроксимированным данным о профильном распределении объемных концентраций в исследуемой почве ($\rho_b C$) и глубине почвы (h) по формуле:

$$ЗВ = \int_0^{H=1} (\rho_b C) dh$$

Аналогичным образом определялись запасы в промежуточных слоях почвенной толщи фиксированной мощности 0-10см, 0-30см, 0-50см и типы профильного распределения вещества, необходимые для принятия управленческих решений по ремедиации почв и рекультивации. Для оценки были использованы логические функции, оперирующие неравенствами (Смагин, Шоба, Макаров 2008):

$ЗВ(50 \text{ см}) < \frac{1}{2} ЗВ(100 \text{ см}) \Rightarrow$ глубокопрофильное загрязнение;

$ЗВ(30 \text{ см}) < \frac{1}{2} ЗВ(50 \text{ см}) \Rightarrow$ профильное загрязнение;

$ЗВ(10 \text{ см}) < \frac{1}{2} ЗВ(30 \text{ см}) \Rightarrow$ неглубокопрофильное загрязнение;

в остальных случаях – поверхностное загрязнение.

Полученные данные запасов тяжелых металлов в метровой толще почвы были сопоставлены с условно-нормативными величинами запаса тяжелых металлов ($ПДК_{г/м^2}$), которые были получены путем пересчета общепринятых ПДК и ОДК в единицу измерения $г/м^2$ (Смагин, Шоба, Макаров 2008). Для пересчета авторами была использована средняя плотность (ρ) минеральных почв в метровой тоще (h) – $1,5 \text{ г/см}^3$ (или 1500 кг/м^3):

$$ПДК(мг/кг) * \rho(кг/м^3) * h(м) = ПДК(г/м^2)$$

Полученные результаты таких расчетов авторами были сведены в дифференцированную систему нормативов для оценки качества почвенных ресурсов г. Москвы (табл. 1).

Таблица 1.

Условно-нормативные величины запаса тяжелых металлов (ПДК_{г/м²})

Градации (степень загрязнения):	пески, супеси	легкие, средние суглинки	тяжелые суглинки, глины, перегной, торф
Pb, г/м ²			
Норма	< 50	< 100	< 200
Слабая	50 – 100	100 – 200	200 – 400
Средняя	100 – 150	200 – 300	400 – 600
Сильная	150 – 250	300 – 500	600 – 1000
Очень сильная	≥250	≥500	≥1000
Zn, г/м ²			
Норма	< 80	< 170	< 300
Слабая	80 – 160	170 – 340	300 – 600
Средняя	160 – 240	340 – 510	600 – 900
Сильная	240 – 400	510 – 850	900 – 1500
Очень сильная	≥400	≥850	≥1500
Cd, г/м ²			
Норма	< 1	< 2	< 3
Слабая	1 – 2	2 – 3	3 – 6
Средняя	2 – 3	3 – 5	6 – 9
Сильная	3 – 5	5 – 8	9 – 15
Очень сильная	≥5	≥8	≥15
Hg, г/м ²			
Норма	< 3	< 6	< 15
Слабая	3 – 6	6 – 12	15 – 30
Средняя	6 – 9	12 – 18	30 – 45
Сильная	9 – 15	18 – 30	45 – 75
Очень сильная	≥15	≥30	≥75
As, г/м ²			
Норма	< 3	< 6	< 15
Слабая	3 – 6	6 – 12	15 – 30
Средняя	6 – 9	12 – 18	30 – 45
Сильная	9 – 15	18 – 30	45 – 75
Очень сильная	≥15	≥30	≥75
Cu, г/м ²			
Норма	< 50	< 100	< 200
Слабая	50 – 100	100 – 200	200 – 400
Средняя	100 – 150	200 – 300	400 – 600
Сильная	150 – 250	300 – 500	600 – 1000
Очень сильная	≥250	≥500	≥1000

Продолжение таблицы 1

Градации (степень загрязнения):	пески, супеси	легкие, средние суглинки	тяжелые суглинки, глины, перегной, торф
Ni, г/м ²			
Норма	< 30	< 60	< 90
Слабая	30 – 60	60 – 120	90 – 180
Средняя	60 – 90	120 – 180	180 – 270
Сильная	90 – 150	180 – 300	270 – 450
Очень сильная	≥150	≥300	≥450

Глава 3. Обсуждение результатов исследований

3.1 Общая характеристика загрязнения почв Москвы тяжелыми металлами

Результаты сравнительной оценки загрязнения почв мегаполиса и определения типов профильного распределения веществ на основе данных запасов поллютантов в толще 0-10 см, 0-30 см, 0-50 см позволили выявить следующие закономерности.

Цинк. Цинком в разной степени были загрязнены все почвы. Исключение составил один образец из САО, где запас цинка не превысил норму. Сильнее всех цинком были загрязнены ЮВАО, ЦАО и СВАО. В ЗАО и ЮВАО во всех разрезах наблюдалось глубокопрофильное загрязнение цинком. Все почвы, загрязненные цинком, имели глубокопрофильное загрязнение, исключение составил один образец из ЦАО.

Мышьяк. Результаты исследования загрязнения почв мышьяком показали слабое глубокопрофильное загрязнение всех разрезов в ВАО, неглубокопрофильные загрязнения разрезов ЦАО, сильные степени загрязнения разрезов ЮЗАО, слабые степени загрязнения разрезов в ЮАО и СЗАО.

Свинец. Загрязнение свинцом в ЮВАО было глубокопрофильным во всех почвенных разрезах. Все почвы, загрязненные свинцом, имеют глубокопрофильное загрязнение, исключение составил один образец из ЦАО.

Медь. Медью были загрязнены почвы в ЮВАО; здесь были отмечены средние глубокопрофильные загрязнения во всех почвенных разрезах. Также слабые уровни загрязнения были обнаружены в одном разрезе Восточного и одном разрезе Северо-Восточного округов.

Кадмий. Кадмием и никелем выше нормы была загрязнена лишь почва второго разреза ЮВАО.

Ртуть. Запасы ртути во всех исследованных образцах находились в пределах нормы.

Таким образом, самыми загрязненными округами в проведенном исследовании оказались Юго-Восточный и Восточный административные округа. Это предположительно связано с близостью расположения основной части промышленных зон в ЮВАО и большой промзоны № 53 «Калошино» в ВАО. Самым же чистым округом был Северный административный округ.

3.2 Характеристика профильного распределения запасов тяжелых металлов в пределах метровой толщи

В разных округах г.Москвы максимальные значения объемных концентраций одного и того же элемента были сосредоточены в разных частях профиля. Так как расчет запасов было решено проводить на глубину до 1 м, то и характеристика профильного распределения также дается в метровой толще на основе данных интерполяции объемных концентраций.

Разрезы Центрального административного округа. Мышьяк во всех разрезах показал максимальную объемную концентрацию ближе к поверхности почвы и резкое ее уменьшение с глубиной. Так же вели себя графики профильного распределения цинка в разрезе №2, свинца в разрезе №2, кадмия в разрезе №2 и меди в разрезе №3 в метровой толще. Также максимальные объемные концентрации у поверхности наблюдались у свинца в разрезе №1, кадмия в разрезе №3 и меди в разрезе №2, но падение с глубиной было более постепенным. Ртуть же наоборот достигла своих максимальных значений объемных концентраций на глубине 80 см в разрезе №1 и на метровой глубине в разрезах №2, 3. Также на метровой глубине первого разреза ЦАО максимальных величин объемных концентраций достигли цинк, никель и кадмий. Было отмечено достаточно равномерное распределение по профилю объемных концентраций цинка в разрезе №3, а также свинца в разрезе №3 (с максимумом на глубине 1 м) и никеля в разрезе №2 (с максимумом на глубине 80 см).

Разрезы Юго-Западного административного округа. Объемные концентрации всех тяжелых металлов резко убывали с глубиной во всех разрезах. Исключение составил цинк, достигший максимальных значений к метровой глубине в разрезе №5 (ЮЗАО2).

Разрезы Южного административного округа. В разрезах ЮАО максимальные объемные концентрации цинка, кадмия, свинца (в разрезах №7, 9), ртути (в разрезах № 7, 8) и меди (в разрезе №8) сосредоточены у поверхности почвы, далее наблюдалось резкое падение концентраций с глубиной. Мышьяк в разрезах №7, 8, никель в разрезах №7, 8 и медь в разрезе №8 резко увеличивают объемные концентрации с глубиной, достигая максимума на метровой глубине. Свинец в разрезе №7, никель в разрезе №6 и медь в разрезе №6 равномерно и постепенно увеличивают объемные концентрации с глубиной. Концентрации мышьяка в разрезе №6 и ртути в разрезе №8 постепенно падают с глубиной.

Разрезы Юго-Восточного административного округа. Основная часть тяжелых металлов достигла максимальных величин объемных концентраций к глубине 70 см (мышьяк в разрезе №9), а также к метровой глубине (цинк, ртуть, медь, а также мышьяк в разрезах №10, 11 и свинец в разрезах № 10, 11). Свинец в разрезе №9 (ЮВАО1) достиг максимума на глубине 30 см. Никель во всех разрезах продемонстрировал максимальные объемные концентрации с

поверхности почвы и их резкое уменьшение с глубиной в пределах метровой толщи.

Разрезы Восточного административного округа. Максимумы объемных концентраций свинца, кадмия и ртути в разрезах ВАО сосредоточены у поверхности почвы во всех разрезах. Мышьяк, наоборот, достигает максимальных значений на метровой глубине. Максимальные объемные концентрации цинка, никеля и меди сосредоточены на глубине 1 м разреза ВАО1 и ближе к почвенной поверхности разреза ВАО2.

Разрезы Северо-Восточного административного округа. Максимальные объемные концентрации кадмия, ртути и никеля расположены ближе к поверхности почвы во всех разрезах; аналогично вели себя цинк (в разрезах №14-16), свинец (в разрезах №15 и 16), мышьяк (в разрезах №15 и 17) и медь (в разрезе №14). Объемные концентрации цинка в разрезе №14, свинца в разрезах №15 и 17, мышьяка в разрезе №14 и меди в разрезах №15-17 достигли максимальных значений на глубине 1 м.

Разрезы Северного административного округа. В разрезе САО1 максимальные значения объемных концентраций ртути были отмечены ближе к поверхности, мышьяка – на глубине 30-40 см, свинца – на глубине 60 см, кадмия – на глубине 70 см, никеля – на глубине 1 м. Объемные концентрации меди были распределены более или менее равномерно в метровой толще. Все тяжелые металлы в профиле разреза САО2 накоплены ближе к поверхности почвы.

Разрезы Северо-Западного административного округа. Объемные концентрации цинка имели максимальные значения ближе к поверхности почвы. В разрезе СЗАО1 аналогично показал себя мышьяк. Объемные концентрации свинца в разрезе СЗАО1 были равномерно распределенными по профилю. Объемные концентрации остальных элементов в обоих разрезах достигали максимума на метровой глубине.

Разрезы Западного административного округа. Ближе к поверхности почвы сосредоточены максимумы объемных концентраций свинца и кадмия. Остальные элементы достигали максимальных величин к глубине 70-80 см (ртуть, медь) или к метровой глубине (цинк, мышьяк, никель).

3.3. Оценка степени загрязнения почв Москвы тяжелыми металлами с учетом их физической организации

В настоящее время оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами сводится к определению концентрации загрязняющего вещества в поверхностном слое почвы (0 – 20 см) и сравнению полученных данных с величиной установленного ПДК или ОДК. В таблице 2 приведены отношения концентрации тяжелых металлов в поверхностном слое почвы к действующим нормативам ПДК (ОДК).

Таблица 2.

**Соотношение концентрации тяжелых металлов в поверхностном слое
почвы к ПДК (ОДК)**

Разрез	Zn	Pb	Cd	As	Hg	Ni	Cu
1 (ЦАО1)	4.6	2.6	0.64	2.7	0.38	0.23	1.1
2 (ЦАО2)	3.0	1.4	0.48	2.0	0.12	0.22	0.79
3 (ЦАО3)	2.4	2.3	0.56	3.6	0.076	0.39	0.58
4 (ЮЗАО1)	2.0	0.41	2.2	2.5	0.10	0.60	1.0
5 (ЮЗАО2)	2.7	0.34	1.7	4.6	0.028	0.75	0.82
6 (ЮАО1)	2.2	0.88	0.48	1.9	0.024	0.70	0.42
7 (ЮАО2)	2.8	0.50	1.8	2.1	0.071	0.65	0.76
8 (ЮАО3)	1.9	0.81	0.22	1.3	0.015	0.80	0.42
9 (ЮВАО1)	2.4	1.1	0.60	1.4	0.081	1.3	1.6
10 (ЮВАО2)	3.2	1.1	0.50	0.70	0.037	1.8	2.0
11 (ЮВАО3)	3.7	1.2	0.72	0.49	0.052	0.95	1.4
12 (ВАО1)	2.3	1.1	0.54	0.95	0.062	0.31	1.3
13 (ВАО2)	3.2	1.3	0.68	1.6	0.062	0.50	1.6
14 (СВАО1)	5.1	2.1	0.64	1.9	0.039	0.35	1.6
15 (СВАО2)	1.8	0.50	0.42	2.2	0.036	0.37	0.55
16 (СВАО3)	1.6	0.72	0.42	1.8	0.048	0.27	0.55
17 (СВАО4)	3.1	0.69	0.66	2.2	0.042	0.55	0.61
18 (САО1)	1.3	0.53	0.46	0.95	0.076	0.55	0.73
19 (САО2)	1.6	0.38	0.26	0.75	0.057	0.85	0.70
20 (СЗАО1)	2.1	0.91	0.52	2.2	0.032	0.29	0.55
21 (СЗАО2)	3.1	0.31	0.38	1.2	0.030	0.20	0.25
22 (ЗАО1)	1.4	1.2	0.46	2.3	0.040	0.65	0.61

Как отмечалось выше, мы будем проводить оценку уровня загрязнения почв не по массовым концентрациям поллютанта, а по объемным концентрациям, выраженным величиной запаса тяжелого металла в метровой толще почвы. Полученные данные запаса поллютантов приведены в таблице 3. Отношение запасов тяжелых металлов в метровой толще к условно-нормативным величинам запаса ($\text{ПДК}_{\text{г/м}^2}$), рассчитанным на основе действующих нормативов ПДК и ОДК, приведены в таблице 4.

Таблица 3.

Запас тяжелых металлов (г/м^2) в метровой толще почвы

Разрез	Zn	Pb	Cd	As	Hg	Ni	Cu
1 (ЦАО1)	618	108	0.53	6.0	1.3	7.9	45
2 (ЦАО2)	123	28	0.22	3.2	0.55	6.1	24
3 (ЦАО3)	171	101	0.36	7.0	0.24	10	30
4 (ЮЗАО1)	108	14	0.84	9.7	0.17	16	30
5 (ЮЗАО2)	248	12	0.67	12	0.053	17	25
6 (ЮАО1)	145	30	0.24	4.9	0.056	21	20
7 (ЮАО2)	183	22	0.85	5.7	0.15	21	32
8 (ЮАО3)	123	30	0.13	4.6	0.042	23	20

Продолжение таблицы 3

Разрез	Zn	Pb	Cd	As	Hg	Ni	Cu
9 (ЮВАО1)	239	48	0.47	3.9	0.26	25	103
10 (ЮВАО2)	344	54	1.1	2.9	0.37	37	110
11 (ЮВАО3)	669	78	0.62	2.2	0.26	19	128
12 (ВАО1)	183	41	0.33	3.2	0.15	12	76
13 (ВАО2)	227	41	0.41	4.8	0.17	13	50
14 (СВАО1)	563	125	0.37	6.9	0.10	8.2	65
15 (СВАО2)	105	17	0.21	5.4	0.083	8.4	29
16 (СВАО3)	95	23	0.21	4.7	0.10	6.7	29
17 (СВАО4)	219	63	0.43	5.4	0.080	12	37
18 (САО1)	135	27	0.47	2.5	0.15	17	31
19 (САО2)	77	11	0.07	1.6	0.066	22	21
20 (СЗАО1)	125	40	0.40	5.3	0.10	9.1	47
21 (СЗАО2)	164	26	0.35	3.9	0.10	7.8	42
22 (ЗАО1)	160	49	0.30	8.2	0.20	21	31
ПДК _{г/м} ² (Смагин, 2008)	80	50	1.00	3.0	3.00	30.0	50

Таблица 4.

**Соотношение запаса тяжелых металлов в метровой толще почвы к
ПДК_{г/м}² (Смагин, Шоба, Макаров 2008)**

Разрез	Zn	Pb	Cd	As	Hg	Ni	Cu
1 (ЦАО1)	7.7	2.2	0.53	2.0	0.43	0.26	0.90
2 (ЦАО2)	1.5	0.56	0.22	1.1	0.18	0.20	0.48
3 (ЦАО3)	2.1	2.0	0.36	2.3	0.080	0.33	0.60
4 (ЮЗАО1)	1.4	0.28	0.84	3.2	0.057	0.53	0.60
5 (ЮЗАО2)	3.1	0.24	0.67	3.9	0.018	0.57	0.50
6 (ЮАО1)	1.8	0.60	0.24	1.6	0.019	0.70	0.40
7 (ЮАО2)	2.3	0.44	0.85	1.9	0.050	0.70	0.64
8 (ЮАО3)	1.5	0.60	0.13	1.5	0.014	0.77	0.40
9 (ЮВАО1)	3.0	0.96	0.47	1.3	0.087	0.83	2.1
10 (ЮВАО2)	4.3	1.1	1.1	0.97	0.12	1.2	2.2
11 (ЮВАО3)	8.4	1.6	0.62	0.74	0.087	0.63	2.6
12 (ВАО1)	2.3	0.82	0.33	1.1	0.050	0.40	1.5
13 (ВАО2)	2.8	0.82	0.41	1.6	0.057	0.43	1.0
14 (СВАО1)	7.0	2.5	0.37	2.3	0.033	0.27	1.3
15 (СВАО2)	1.3	0.34	0.21	1.8	0.028	0.28	0.58
16 (СВАО3)	1.2	0.46	0.21	1.6	0.033	0.22	0.58
17 (СВАО4)	2.7	1.3	0.43	1.8	0.027	0.40	0.74
18 (САО1)	1.7	0.54	0.47	0.82	0.050	0.57	0.62
19 (САО2)	1.0	0.22	0.07	0.54	0.022	0.73	0.42
20 (СЗАО1)	1.6	0.80	0.40	1.8	0.033	0.30	0.94
21 (СЗАО2)	2.0	0.52	0.35	1.3	0.033	0.26	0.84
22 (ЗАО1)	2.0	0.98	0.30	2.7	0.067	0.70	0.62

По полученным данным содержания тяжелых металлов в каждой смешанной пробе всех округов г.Москвы были построены диаграммы оценки уровня загрязнения почв тяжелыми металлами. На диаграммах отмечались значения рассчитанного запаса тяжелого металла в метровой толще почвы (табл. 8) и условно-нормативная величина запаса поллютанта ($\text{ПДК}_{\text{г/м}^2}$).

Разрезы Центрального административного округа. На территории ЦАО было заложено три разреза. Анализ почвы разреза ЦАО1 показал очень сильное загрязнение цинком, среднее загрязнение свинцом и слабое загрязнение мышьяком. Запасы кадмия, ртути, никеля и меди не превысили нормативные значения.

Исследование почвы разреза ЦАО2 показало слабое загрязнение цинком и мышьяком. Рассчитанные запасы свинца, кадмия, ртути, никеля и меди остались в пределах нормы.

В почве разреза ЦАО3 было выявлено среднее загрязнение цинком и мышьяком, а также слабое загрязнение свинцом. Содержание остальных элементов осталось в пределах нормы.

Разрезы Юго-Западного административного округа. Образцы отбирались из двух разрезов. В обоих разрезах наблюдалось слабое загрязнение цинком и сильное загрязнение мышьяком. Значения запасов остальных исследованных тяжелых металлов не превысили установленные нормы.

Разрезы Южного административного округа. На территории ЮАО было заложено три разреза. В почве разреза ЮАО1 отмечено сильное загрязнение мышьяком и слабое загрязнение цинком. Запасы остальных исследованных поллютантов находились в пределах нормы.

В почве разреза ЮАО2 было отмечено загрязнение цинком средней степени и загрязнение мышьяком слабой степени.

В разрезе ЮАО3 было обнаружено слабое загрязнение цинком и мышьяком. Содержание свинца, кадмия, ртути, никеля и меди не превысило норму.

Разрезы Юго-Восточного административного округа. На территории округа было заложено 3 разреза. Исследование почвы в разрезе ЮВАО1 показали наличие очень сильного загрязнения свинцом, среднего загрязнения цинком и медью и слабого загрязнения мышьяком. Содержание кадмия, ртути и никеля норму не превысили.

Почва разреза ЮВАО2 также была сильно загрязнена цинком, имела средний уровень загрязнения медью и слабый уровень загрязнения свинцом, кадмием и никелем. Запасы мышьяка и ртути в метровой толще почвы не превысили нормативные значения.

В разрезе ЮВАО3 были отмечены загрязнения цинком (очень сильный уровень), медью (средний уровень) и свинцом (слабый уровень). Запасы остальных исследованных поллютантов норму не превысили.

Разрезы Восточного административного округа. На территории округа было заложено два разреза. В почве разреза ВАО1 анализ выявил среднее загрязнение цинком, а также слабое загрязнение мышьяком и медью.

Исследование почвы разреза ВАО2 также показало среднее загрязнение цинком и слабое загрязнение мышьяком. Остальные исследованные тяжелые металлы в своих запасах не превысили нормативные значения.

Разрезы Северо-Восточного административного округа. Почвы округа были исследованы в четырех разрезах. Первый разрез (СВАО1) очень сильно загрязнен цинком, имеет средний уровень загрязнения свинцом и мышьяком, а также слабое загрязнение медью.

Почвы разрезов СВАО2 и СВАО3 были слабо загрязнены мышьяком и цинком. Остальные исследуемые элементы не превысили нормативных значений. Исследование почвы разреза СВАО4 показало наличие среднего загрязнения цинком, слабого загрязнения свинцом и мышьяком.

Разрезы Северного административного округа. В САО была исследована почва двух разрезов. В первом разрезе было выявлено только слабое загрязнение цинком.

Во втором разрезе содержание всех исследованных тяжелых металлов не превысило нормативное значение.

Разрезы Северо-Западного административного округа. На территории округа было исследовано два почвенных разреза. В разрезе СЗАО1 почвы были загрязнены цинком и мышьяком. Уровень загрязнения был слабый. В разрезе СЗАО2 почвы были загрязнены цинком (средний уровень загрязнения) и мышьяком (слабый уровень загрязнения). Запасы остальных исследованных тяжелых металлов остались в пределах нормативных значений.

Разрезы Западного административного округа. Исследование распределения тяжелых металлов и расчет их запаса в метровой толще почвы разреза западного округа выявило наличие среднего загрязнения мышьяком и слабого загрязнения цинком. Содержание фосфора, кадмия, ртути, никеля и меди не превысило нормативных значений.

Максимальное среднее значение запасов цинка, никеля и меди в метровой толще наблюдалось в разрезах Юго-Восточного административного округа, свинца и ртути – в разрезах ЦАО, кадмия и мышьяка – в разрезах ЮЗАО. Наименьшие значения запасов цинка, кадмия и мышьяка были отмечены в Северном административном округе, ртути и меди – в разрезах ЮАО, свинца – в разрезах ЮЗАО, никеля – в разрезах ЦАО. Самые большие стандартные отклонения были отмечены в тех округах, на территории которых было наибольшее количество разрезов, что говорит о значительном разбросе значений запасов тяжелых металлов в пределах одного исследуемого участка. Это позволяет говорить о необходимости учитывать не только профильное, но и латеральное распределение тяжелых металлов в почве.

3.4. Сравнение результатов оценок загрязнения почв, полученных разными методами

3.4.1 Оценка степени загрязнения почв цинком

По действующей методике оценки степени загрязнения почв содержание цинка во всех исследованных образцах превышает ПДК, в большинстве случаев

отмечено превышение более чем в 2 раза. Самая загрязненная почва – в разрезе СВАО1, где содержание цинка достигает 5ПДК (табл. 2).

Если при оценке степени загрязнения почв учитывать физическую организацию до глубины 1 метр, то наблюдалась схожая картина (табл. 3). Но содержание цинка в образцах ЮВАО3, ЦАО1 и СВАО1 с глубиной резко растет в первом метре (рис. 1), в то время как изменение количества цинка большинства остальных образцов увеличивается постепенно или вовсе уменьшается. Таким образом, самая загрязненная цинком почва оказалась в разрезе ЮВАО3, где содержание цинка составило 8,4ПДК (табл. 4).

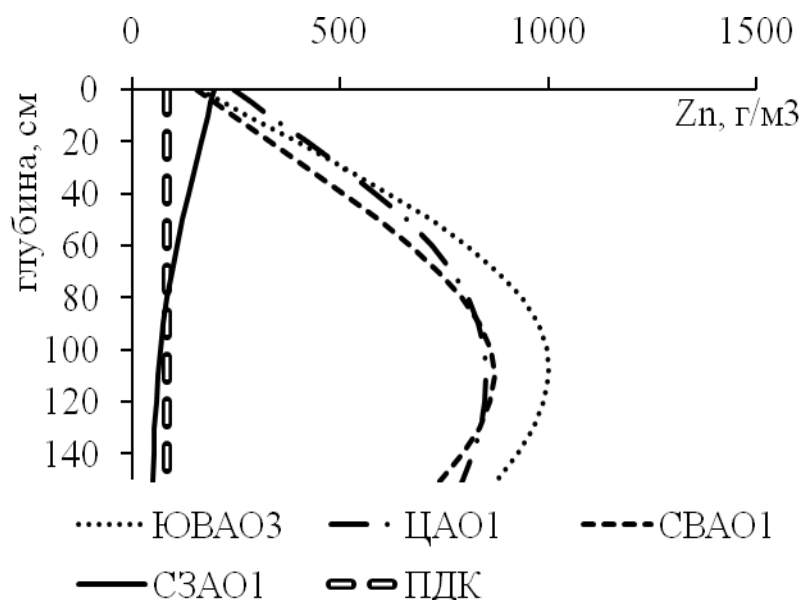


Рис. 1. Распределение цинка (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

3.4.2 Оценка степени загрязнения почв свинцом

По действующей методике оценки степени загрязнения почв самыми загрязненными среди исследованных почв являются разрезы ЦАО1 и ЦАО3, а также СВАО1, где содержание свинца превышает ПДК более чем в 2 раза. Самыми чистыми образцами были почвы ЮЗАО, ЮАО, САО и СЗАО, где содержание свинца не превысило ПДК (табл. 2).

Если при оценке степени загрязнения почв учитывать физическую организацию, то по-прежнему самыми загрязненными образцами оказались ЦАО1, ЦАО3 и СВАО1, но наибольший запас свинца теперь наблюдался в СВАО1 (табл. 3). Это связано с тем, что в отличие от ЦАО, в СВАО1 содержание свинца резко увеличивается в первом метре (рис. 2). Также резко растет содержание свинца в разрезе СВАО4 (рис. 2). В результате чего запас свинца в почве, считавшейся чистой по традиционной методике оценки, превышает ПДК (табл. 3) и почва оценивается как слабозагрязненная.

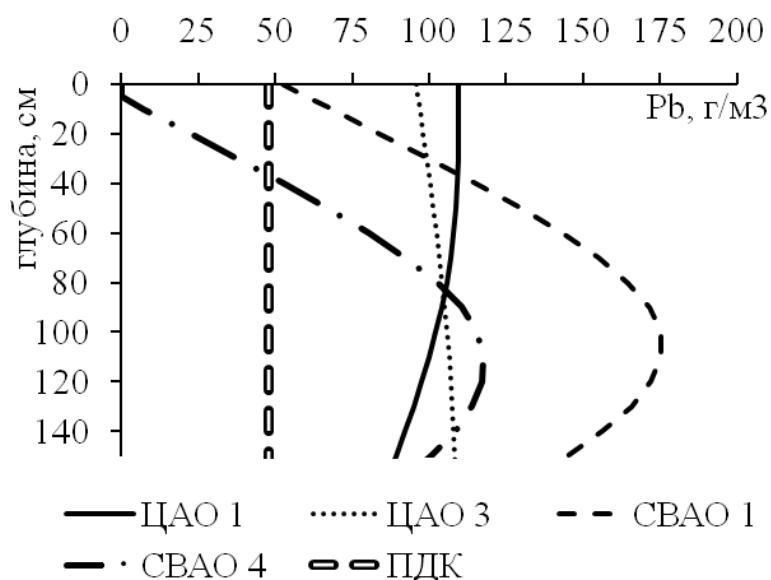


Рис. 2. Распределение свинца (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

При резком падении концентрации свинца с глубиной наблюдается обратная картина (рис. 3). Почвы, которые по традиционной методике считались загрязненными, содержат запас свинца ниже ПДК и относятся к чистым. Таковы все образцы в ВАО (разрезы № 12, 13) и образец в ЦАО (разрез № 2) (табл. 3).

Следует отметить, что даже при постепенном падении содержания свинца с глубиной в некоторых образцах этого было достаточно, чтобы запас оказывался ниже ПДК, в то время как по традиционной методике оценки почва считалась загрязненной. Таковыми являются образцы в ЗАО1 и ЮВАО1 (рис. 3; табл. 3).

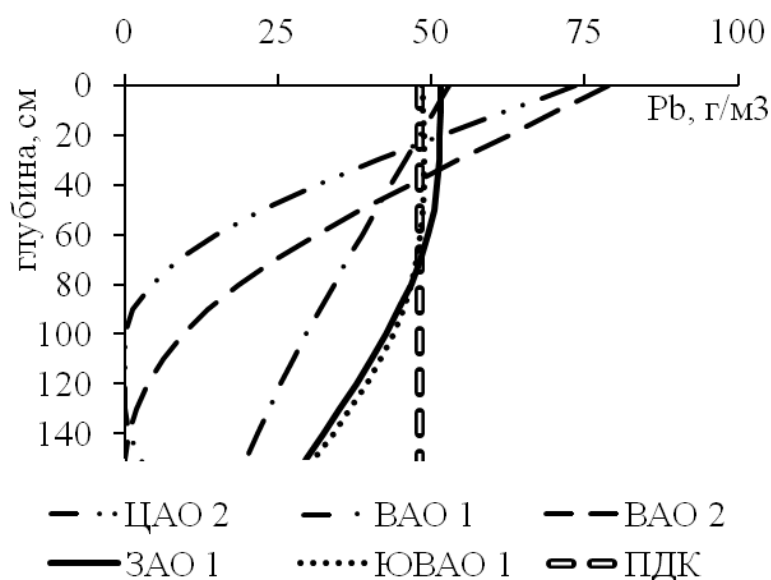


Рис. 3. Распределение свинца (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

3.4.3 Оценка степени загрязнения почв кадмием

По действующей методике оценки степени загрязнения почв самыми загрязненными являются почвы разрезов ЮЗАО1, ЮЗАО2 и ЮАО2 с превышением ПДК в 1,7 – 2,2 раза. В остальных образцах превышение ПДК не было выявлено (табл. 2).

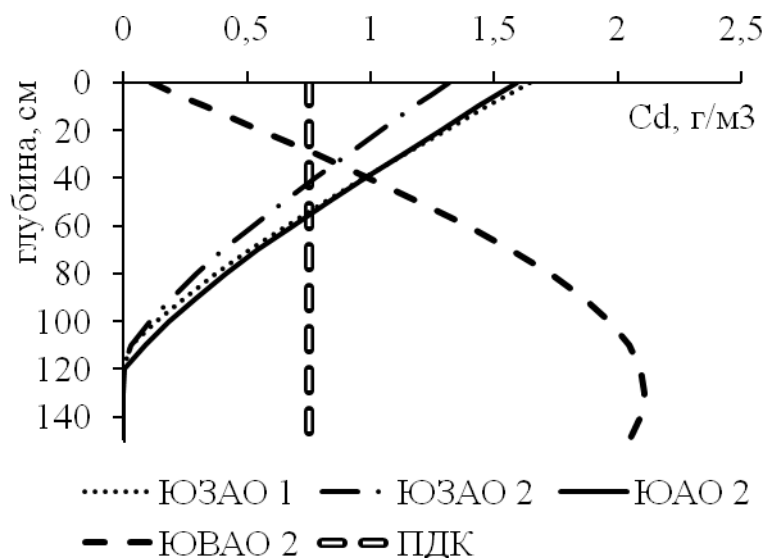


Рис. 4. Распределение кадмия (г/м³) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Если при оценке степени загрязнения почв учитывать физическую организацию, то картина меняется. Единственным загрязненным образцом оказалась почва разреза ЮВАО2, которая по традиционной методике считалась чистой. В данном образце содержание кадмия с поверхности не высоко, но с глубиной его количество резко растет и превышает ПДК (рис. 4). В то время как образцы разрезов ЮЗАО1, ЮЗАО2 и ЮАО2 содержат значительные количества кадмия лишь с поверхности, а с глубиной его объемные концентрации резко уменьшаются, приближаясь к нулю. Таким образом, данные образцы являются значительно чище, чем в ЮВАО, и запас кадмия здесь не превышает ПДК (табл. 3).

3.4.4 Оценка степени загрязнения почв мышьяком

По действующей методике оценки степени загрязнения почв 41% образцов содержал мышьяк в количестве, превышающем ПДК более чем в 2 раза. Самым загрязненным оказался образец разреза ЮЗАО2 с превышением ПДК в 4,6 раза. Самыми чистыми почвами были разрезы САО и ЮВАО, где содержание мышьяка не превысило ПДК (табл. 2).

При учете физической организации почвы в оценке степени ее загрязнения лишь 23% образцов превысили значение ПДК более чем в 2 раза. Самой загрязненной так же является почва разреза ЮЗАО2. Однако количество мышьяка постепенно падает с глубиной (рис. 5), общее его содержание не превышает 4ПДК (табл. 4).

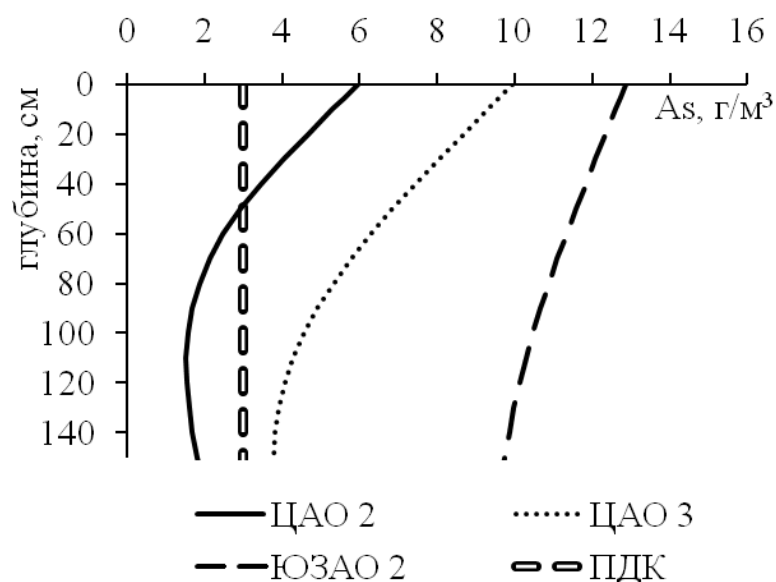


Рис. 5. Распределение мышьяка (г/м³) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Содержание мышьяка в разрезах ЦАО падает с глубиной более резко (рис. 5). В разрезе ЦАО2 запас приближается к значению ПДК (хотя по традиционной методике он составлял 2ПДК); а в разрезе ЦАО3 запас составил 2,3ПДК (хотя по традиционной методике его содержание превышало 3,5ПДК).

В ЮЗАО1, а также в ЗАО1 и СВАО1, количество мышьяка в первом метре резко растет с глубиной (рис. 6). Соответственно растет и соотношение запаса поллютанта к ПДК (в ЮЗАО1 с 2,5 до 3,2; в ЗАО1 с 2,3 до 2,7; в СВАО1 с 1,9 до 2,3) (табл. 4).

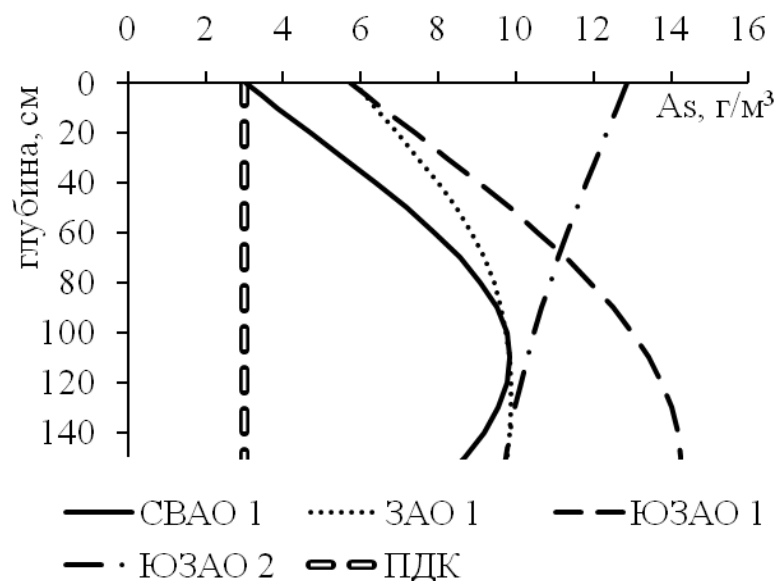


Рис. 6. Распределение мышьяка (г/м³) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Следует отметить также, что даже при постепенном росте количества мышьяка с глубиной (рис. 7) почву разреза ВАО1 уже нельзя относить к незагрязненным (табл. 3).

В образцах с постепенным спадом содержания мышьяка с глубиной отмечается уменьшение соотношения запаса поллютанта к ПДК. Особенно четко это прослеживается в образцах ЦАО, СВАО, СЗАО (рис. 7), где запас мышьяка не превышает 2ПДК (табл. 4) в отличие от традиционной методики.

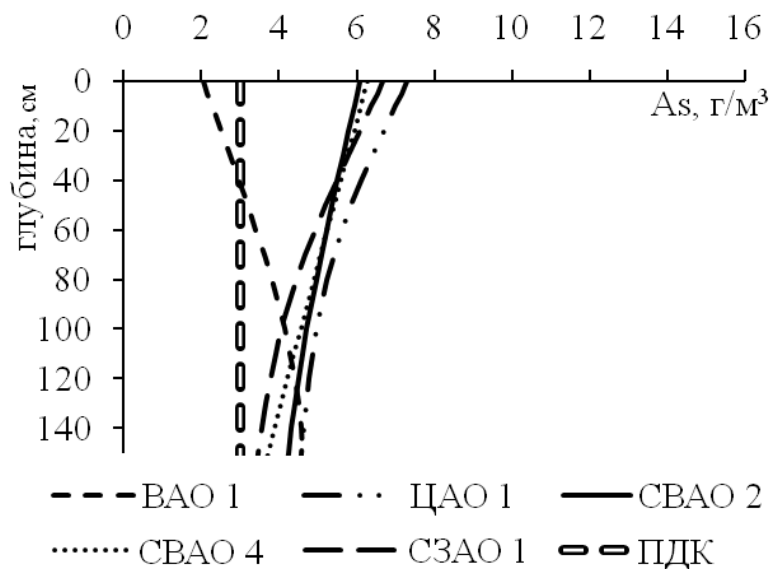


Рис. 7. Распределение мышьяка (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

3.4.5 Оценка степени загрязнения почв ртутью

По действующей методике оценки степени загрязнения почв все образцы не были загрязнены ртутью. Образец из ЦАО1 достиг 0,38ПДК. В остальных пробах содержание ртути не превышало 0,12ПДК. (табл. 2).

Если при оценке степени загрязнения почв учитывать физическую организацию, то запас ртути почти во всех образцах не превышал 0,17 ПДК (это $0,5 \text{ г/м}^2$). Наибольшим оказался запас ртути в образце разреза ЦАО1, составивший $1,3 \text{ г/м}^2$ или 0,43ПДК (табл. 3, 4).

Хочется отметить результаты исследования разрезов ЦАО1 и ЦАО2, ЮВАО2, ЮЗАО1, САО2. Количество ртути в образцах ЦАО1, ЦАО2 и ЮВАО2 с глубиной резко растет в первом метре (рис. 8) и запас составляет 43, 18 и 12% от ПДК соответственно (табл. 4). В то время как по традиционной методике эти значения ниже - 38, 12 и 3,7% ПДК соответственно (табл. 2).

В образцах ЮЗАО1 и САО2 количество ртути заметно падает с глубиной (рис. 8) и вместо 10% и 5,7% ПДК по традиционной методике, мы получили 5,7% и 2,2% соответственно.

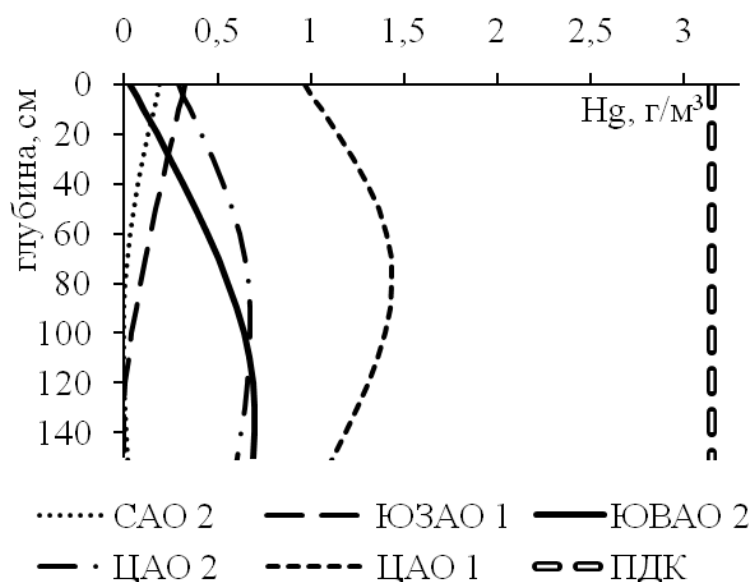


Рис. 8. Распределение ртути (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

3.4.6 Оценка степени загрязнения почв никелем

По действующей методике оценки степени загрязнения почв только два образца оказались загрязненными никелем свыше нормы в 1,3 и 1,8 раз – это разрезы ЮВАО1 и ЮВАО2 соответственно (табл. 2).

При учете физической организации почв загрязненной оказалась лишь почва из ЮВАО2 (табл. 3). Но так как количество никеля падало с глубиной в первом метре (рис. 9) – превышение составило уже не 1,8ПДК, а всего лишь 1,1ПДК. Содержание никеля в разрезе ЮВАО1 норму не превысили.

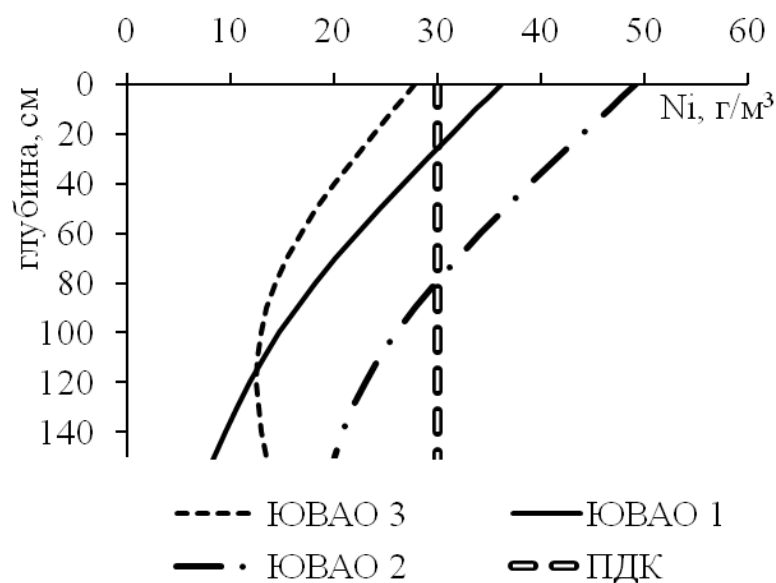


Рис. 9. Распределение никеля (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Также в первом метре с глубиной сильно уменьшается содержание никеля в разрезе ЮВАО3 (рис. 9). Здесь запас никеля составил $0,63 \text{ ПДК}_{\text{г/м}^2}$ (табл. 3) в противовес $0,95 \text{ ПДК}$ по традиционной методике (табл. 2).

В остальных образцах изменение количества никеля с глубиной незначительное, не превышает ПДК. Соответственно отношение запаса никеля к нормативным величинам слабо отличается в обеих методиках.

3.4.7 Оценка степени загрязнения почв медью

По действующей методике оценки степени загрязнения почв самым загрязненным медью образцом оказалась почва разреза ЮВАО2, где содержание меди превысило 2ПДК (табл. 2). Также были загрязнены все исследованные разрезы в ЮВАО, ВАО, кроме того загрязнение было отмечено в ЦАО1, СВАО1 и ЮЗАО1.

При учете физической организации почв самой загрязненной оказалась почва разреза ЮВАО3, которая превысила ПДК в 2,6 раза (табл. 4). Пределы в 2ПДК превысили также значения меди в ЮВАО1 и ЮВАО2. Такое высокое отношение расчетных запасов меди к ПДК является результатом того, что ее количество в первом метре резко растет с глубиной (рис. 10).

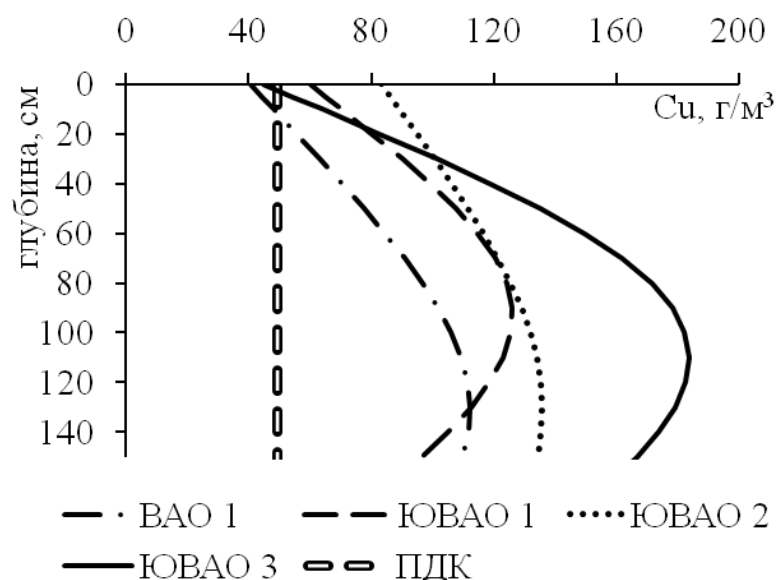


Рис. 10. Распределение меди (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Обращают на себя внимание результаты в разрезах ЦАО1, ВАО2 и ЮЗАО1, где содержание меди не превысило ПДК и почва уже не относится к загрязненной, а считается чистой (табл. 3), т.к. количество меди с глубиной падает (рис. 11). По этой же причине отношение запаса меди к ПДК в разрезе СВАО1 снижается с 1,6 (по традиционной методике) до 1,3 (при учете физической организации).

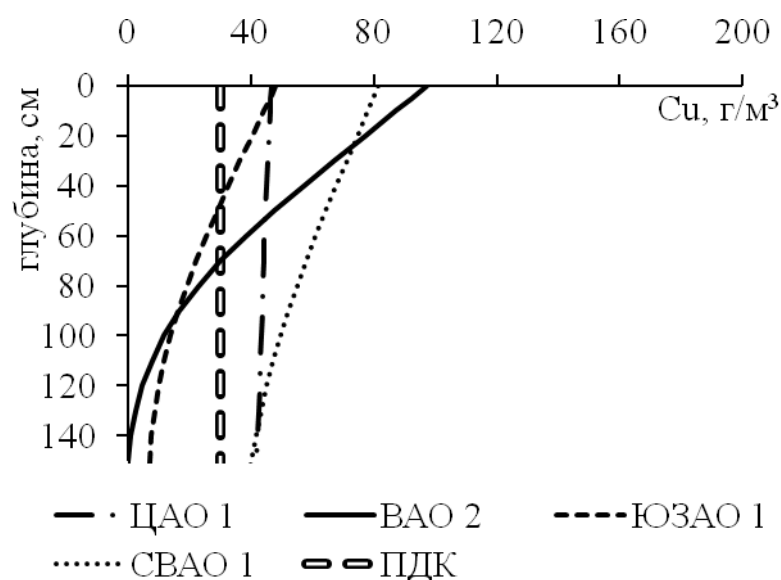


Рис. 11. Распределение меди (г/м³) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Так же при снижении содержания меди с глубиной уменьшается отношение содержания меди к ПДК и в чистых образцах разрезов ЮЗАО2, ЦАО2, САО2 (рис. 12). И наоборот - при росте количества меди с глубиной это отношение увеличивается в разрезах СЗАО1 и СЗАО2 (рис.12).

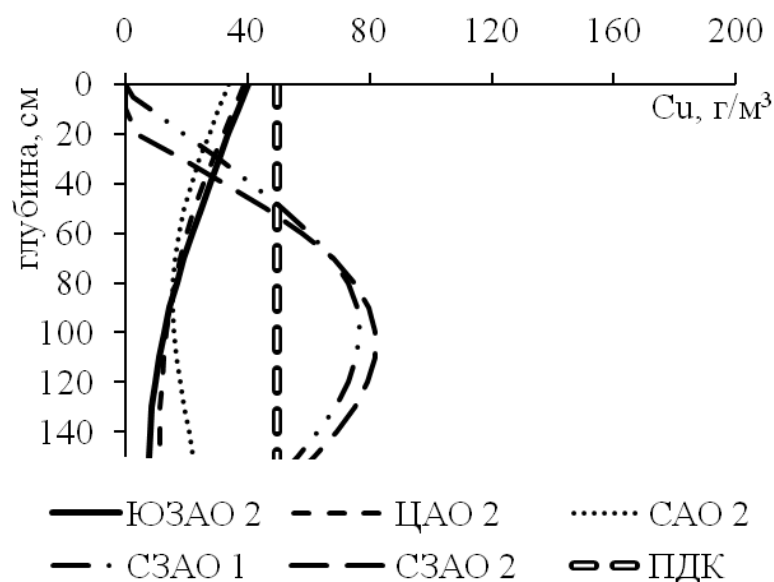


Рис. 12. Распределение меди (г/м³) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Выводы

1. Количественная оценка загрязнения городских почв как существенно неоднородных распределенных объектов должна учитывать закономерности их физической организации в виде изменений плотности сложения с глубиной и характера профильного распределения поллютантов. Интегральной ресурсной характеристикой уровня загрязнения городских почв может служить показатель запасов валовых форм поллютантов в условно-нормативной почвенной толще (1 м согласно Закону г. Москвы «О городских почвах»).

2. Поверхностные слои почвы (подстилка, гумусовые горизонты, торфяные и торфоминеральные «растительные слои»), которые используются в настоящее время для определения уровня загрязнения почвы, сильно различаются по плотности. Поэтому результаты оценки, основанной на концентрациях поллютанта относительно объема вмещающего слоя, а не относительно массы почвы, являются более адекватным показателем загрязнения.

3. Распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах столичного мегаполиса часто характеризуются максимумами не в поверхностных 0-20 см, а в более глубоких слоях условно-нормативной метровой толщи. Это диктует необходимость корректировки общеизвестных результатов оценки загрязнения городских почв, поскольку неучтенные поллютанты, локализованные в глубине почвы (до 600-700 мг/кг по цинку), представляют опасность как для корневых систем древесно-кустарниковой растительности, так и для подземных вод.

4. При росте концентрации загрязняющих веществ с глубиной наблюдается увеличение их общих запасов, что может приводить к изменениям в оценке степени загрязнения почв. Чистая по действующей методике почва переходит в категорию загрязненной. Аналогично, при уменьшении концентрации поллютанта с глубиной происходит уменьшение его общего запаса в метровой толще и, как следствие, изменение степени загрязнения почвы в сторону более чистой категории.

5. Сравнительный анализ результатов тестовой оценки загрязнения с учетом физической организации почв мегаполиса показал, что среди исследованных разрезов наиболее чистыми являются почвы в Северном административном округе, а наиболее загрязненными – в ЮВАО. В исследованных разрезах ЮВАО и ВАО преобладает глубокопрофильное загрязнение тяжелыми металлами. Это предположительно связано с близостью к местам отбора проб ряда промышленных зон в ЮВАО и большой промзоны № 53 «Калошино» в ВАО.

6. Максимальные запасы исследованных поллютантов в почвах мегаполиса составили: для цинка 500 – 700 г/м² при средних значениях 100 – 250 г/м²; для свинца 80 – 130 г/м² при средних значениях 20 – 50 г/м²; для кадмия 0,8 – 1,1 г/м² при средних значениях 0,20 – 0,50 г/м²; для мышьяка 8 – 12 г/м² при средних значениях 3,0 – 5,0 г/м²; для ртути – 0,5 – 1,5 г/м² при средних значениях 0,01 – 0,2 г/м²; для никеля 30 – 40 г/м² при средних значениях 5 – 10 г/м²; для меди 100 – 130 г/м² при средних значениях 30 – 50 г/м².

7. Содержание ртути во всех образцах находилось в пределах нормы. Среди тяжелых металлов нормативные значения чаще всего превышали цинк и мышьяк (95% и 82% образцов соответственно). Превышения ПДК для указанных элементов достигали 7-8 кратных значений для цинка и 2-4 кратных значений для мышьяка. Выявленное широкое распространение в мегаполисе загрязнения мышьяком нуждаются в дальнейшем исследовании и идентификации возможных источников этого поллютанта.

8. Учет физической организации почв позволяет проводить экологическую оценку загрязнения в полном соответствии с принятыми нормативами федерального уровня и вместе с тем отражает специфику структурной организации почв как гетерогенных пространственно распределенных объектов, а также принимает во внимание опыт ряда зарубежных стран, где система нормативов по загрязнению отражает не только химические, но и физические свойства почв.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

В журналах, рекомендованных ВАК

1. Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. Оценка степени загрязнения почв кадмием и мышьяком с учетом изменения их концентрации и плотности почв с глубиной // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013. № 8 (106). С. 40-43.

2. Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. Новый метод оценки степени загрязнения почв цинком и свинцом с учетом изменения их концентраций и плотности сложения по профилю почв // Вестник ОГУ, 2013. №10 (159). С. 264-267.

3. Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. Оценка техногенного загрязнения городских почв на основе профильного распределения тяжелых металлов и плотности сложения // Почвоведение, 2014. № .8. С. 988-997.

Статьи в материалах конференций

4. Корчагина К.В. Влияние физической организации почв на оценку их техногенного загрязнения в южной части Москвы // Тез. докл. VI Молодежной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука XXI века: новый подход». 2013. С. 130-133.

5. Корчагина К.В. Исследование техногенного загрязнения почв никелем и его оценка // Тез. докл. IX Международной научно-практической конференции «Науки о Земле на современном этапе». 2013. С. 64-66.

6. Корчагина К.В. Ресурсный подход к оценке степени загрязнения почв на примере почв г. Москвы // Тез. докл.: XXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов – 2014»: Секция «Почвоведение». М.: МАКС Пресс, 2014. С.84-85.