Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет почвоведения

На правах рукописи

КОРЧАГИНА Кристина Викторовна

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

03.02.13 — почвоведение

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
Доктор биологических наук, профессор
Смагин А.В.

Москва – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ…….……8
1.1. Техногенное загрязнение городских почв…….….…8
1.1.1. Источники техногенного загрязнения……..…….…....8
1.1.2. Тяжелые металлы в городских почвах…….…….……12
1.1.3. Влияние ТМ на свойства почв…….…...……...21
1.2. Оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами…….…...……23
1.2.1. Экологическая оценка в России…….…23
1.2.2. Зарубежный опыт……..…….….28
1.3. Роль физических показателей почвы в оценке загрязнении тяжелыми металлами…….……31
1.3.1. Влияние плотности на оценку загрязнения тяжелыми металлами……31
1.3.2. Роль профильного распределения загрязняющего вещества…….32
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ……...34
2.1. Географическое положение и рельеф…….……..……34
2.2. Климат…….……40
2.3. Растительность……42
2.4. Почвенный покров Москвы...……45
2.5. Загрязнение тяжелыми металлами……46
2.6. Объекты исследования…….……...……48
2.7. Методы исследования…….……57
ГЛАВА 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ……63
3.1. Общая характеристика загрязнения почв Москвы тяжелыми металлами……63
3.2. Характеристика профильного распределения тяжелых металлов в пределах метровой почвенной толщи…….…….…….……....64

3.3. Оценка степени загрязнения почв Москвы с учетом их физической организации почв..…….....80
3.4. Сравнение результатов оценок загрязнения почв, полученных разными методами……..…...…….99
3.4.1. Оценка степени загрязнения почв цинком ……...……..….99
3.4.2. Оценка степени загрязнения почв свинцом…….…...……100
3.4.3. Оценка степени загрязнения почв кадмием……...101
3.4.4. Оценка степени загрязнения почв мышьяком……..……..102
3.4.5. Оценка степени загрязнения почв ртутью…...……..……..…...105
3.4.6. Оценка степени загрязнения почв никелем..……...……..106
3.4.7. Оценка степени загрязнения почв медью...……107
ВЫВОДЫ……...……..109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..……111
ПРИЛОЖЕНИЯ……...124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. 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 таких сложных объектов, как почва, 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 охарактеризован 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 их качества как жизненно-важного ресурса.

Цель исследования заключалась в исследовании на количественном уровне влияния физической организации городских почв на ресурсную оценку их техногенного загрязнения.

Задачи:

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 первого и второго 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 в 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.

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.

Основные результаты диссертации опубликованы в 6 работах, из них 3 статьи в рецензируемых изданиях, включенных в список ВАК.

Структура и объем 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.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Раздел 1. Техногенное загрязнение городских почв

1.1.1. Источники техногенного загрязнения

Валовое содержание тяжелых металлов в естественных незагрязненных почвах обусловлено их концентрацией в исходной материнской породе и находится под влиянием почвообразовательных процессов и почвенных характеристик, таких как содержание органического вещества, реакция среды, гранулометрический состав. Однако уровень тяжелых металлов в настоящее время изменен под влиянием антропогенного фактора.

В пределах городских территорий почвы повергаются химическому, биологическому и радиоактивному загрязнению. Особое внимание в оценке химического загрязнения почв уделяется загрязнению тяжелыми металлами и органическими токсикантами. Изучению загрязнения почв тяжелыми металлами посвящено множество научных работ [1, 22, 34, 39, 45, 90, 106, 107, 113, 115, 116, 118].

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. Накопление загрязняющих химических элементов в городских почвах в значительной степени связано с промышленными предприятиями (табл. 1) и их отходами, выбросами и сбросами.

Почвы, окружающие промышленные предприятия различного профиля, содержат токсичные элементы в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) в десятки и сотни раз. Основными промышленными источниками загрязнения почв тяжелыми металлами считаются предприятия горнодобывающей и металлургической промышленности (около 35%), тепловые электростанции (27%), предприятия

по переработке нефти (15%), транспорт (13%) и строительную промышленность (до 8%) [56].

Таблица 1

Накопление химических элементов в почвах в зоне влияния промышленных предприятий

Источники загрязнения	Тип производства	Коэффициент концентрации (Кс)*	
		От 2 до 10	Более 10
Цветная металлургия	Производство цветных металлов непосредственно из руд и концентратов	Pb, Zn, Cu, Ag	Sn, Bi, As, Cd, Sb, Hg, Se
	Вторичная переработка цветных металлов	Pb, Zn, Sn, Cu	Hg
	Производство твердых и тугоплавких цветных металлов	W	Mo
	Производство титана	Ag, Zn, Pb, B, Cu	Ti, Mn, Mo, Sn, V
Черная металлургия	Производство легированных сталей	Co, Mo, Bi, W, Zn	Pb, Cd, Cr, Zn
	Железорудное производство	Pb, Ag, As,	Zn, W, Co, W
Машиностроительная и металлообрабатывающая промышленность	Производство суперфосфата	Sr, Zn, F	Редкие земли, Cu, Cr, As
	Производство пластмасс	-	Y, Ag
	Производство цемента	-	Hg, Sr, Zn
	Производство бетонных изделий	-	-
Полиграфическая промышленность	Шрифтолитейные заводы, типографии	-	Pb, Zn, Sn
Твердые бытовые отходы крупных городов, используемые в качестве удобрений	-	Pb, Cd, Sn, Cu, Ag, Sb, Zn	Hg
Осадки канализационных сточных вод	-	Pb, Cd, W, Ni, Sn, Cr, Cu, Zn	Hg, Ag
Сточные воды для орошения	-	Pb, Zn	Cu

* Кс – отношению содержания элемента в исследуемом объекте к его фоновому содержанию.

Аномалии тяжелых металлов, как правило, распространяются на расстояния до 10 км от источника, что связано с преимущественной приуроченностью металлов к пылеватой фракции промышленных выбросов. Метеорологические условия и рельеф местности могут вносить свои поправки (в направлении господствующих ветров возможно распространение загрязнения на 15-30 км, реже – до 100 км). Аномалии подвижных форм элементов значительно протяженнее и контрастнее, чем определяемые по валовому содержанию.

При определении влияния конкретного предприятия или промышленной зоны на загрязнение прилегающих экосистем тяжелыми металлами важно обращать внимание на структуру загрязнения (поступление металлов происходит в результате промышленных выбросов, размещения отходов производства или сбросов со сточными водами). Металлы, содержащие в отходах, не перемещаются на значительные расстояния и могут являться источниками лишь локального загрязнения, в отличие от промышленных выбросов. Следует отметить, что по причине нехватки площадок хранения и захоронения твердых отходов, оборудованных надлежащим образом, увеличивается опасность водной и воздушной миграции компонентов отходов, содержащих тяжелые металлы, что увеличивает площадь и степень загрязнения прилегающих территорий.

Необходимо иметь в виду и форму, в которой находятся тяжелые металлы [11]. Наименее подвижными являются металлы отходов литейного производства: горелой земле, отходах формовочных смесей, различных шлаках. Скорость их высвобождения немногим превышает скорость выветривания первичных горных пород. Значительно более подвижны металлы гальвано-шламов, легко поддающихся действию атмосферных осадков. Большое значение приобретают иловые осадки очистных сооружений промышленных и коммунальных стоков, опасность которых обусловлена слабой устойчивостью к размыванию и выдуванию, а также высокой концентрацией тяжелых металлов. Использование некоторых видов

отходов в качестве органических удобрений и материала при планировании территории создает дополнительный источник загрязнения при недостаточном контроле состава используемого материала.

Одним из крупнейших источников тяжелых металлов в почвах является также автомобильный транспорт с выхлопами газов автомобильных двигателей, работающих на этилированном бензине и выбрасывающих на поверхность почв более 250 тыс. т свинца в год [42]. Тяжелые металлы поступают в окружающую среду в ходе работы самого автотранспорта, а также при истирании дорожного покрытия. В результате от автотрасс в почву поступают свинец, кадмия, железо, никель, цинк, марганец и другие элементы.

Свинец – первый элемент, который необходимо рассматривать при оценке влияния транспорта на состояние почв. Широкое использование в качестве добавки к бензину тетраэтилсвинца приводит к тому, что при его сгорании около 75% содержащегося в бензине свинца выделяется в виде аэрозоля и рассеивается в воздухе. Например, в бензине марки А-76 содержание свинца может достигать 380 мг, а общее содержание тетраэтилсвинца достигает 1 г/л [89]. Ширина дорожных аномалий свинца составляет около 50-100 м, реже может достигать 300 м [93, 133, 134]. Наибольшая концентрация свинца в почве прослеживается на расстоянии 1-2 метров от дороги, достигая концентрации 500-600 мг/кг [30]. Некоторые авторы отмечали наличие существенного загрязнения на расстоянии нескольких километров [130]. Исследования с изотопами показывают, что свинец переносится на расстояние до 50 км от дороги [124].

Почва придорожной зоны также сильно загрязняется цинком, содержание которого может достигать 400 мг/кг при фоновом содержании 30-220 мг/кг [27]. В результате износа шин и использования асфальтобетона в окружающую среду поступает кадмий. Проблема усугубляется использованием кадмий-содержащих отходов для изготовления дорожных покрытий. Кроме того, смазочные и дизельные масла, некоторые детали

двигателей, шасси также могут быть источниками кадмия. Никель и хром являются продуктами износа покрытий кузовов, а при истирании частей двигателя выделяется железо [51].

Следует отметить, что в нашей стране уровень загрязнения почв вблизи автодорог ниже, чем за рубежом, так как использование этилированного бензина в настоящее время ограничено. Однако, не смотря на это, транспорт является значительным источником тяжелых металлов в городской среде, испытывающей высокие транспортные нагрузки.

Выбросы в атмосферу от ремонтных предприятий железных дорог в виде пыли, оседающей на почву (в основном это оксиды металлов), составляет 380 тыс. т в год (по бывшему СССР). Тормозные колодки поездов, истираясь, также вносят в почвы вблизи железных дорог еще 200 тыс. т металлов в год.

Одним из основных источников загрязнения почв тяжелыми металлами является сжигание ископаемого топлива. Ежегодно сгорает 5 млрд. т горючих ископаемых. В золе угля и нефти содержатся практически все металлы в суммарной концентрации до 500 г на тонну топлива. В этом сущность аэрально-техногенного характера поступления тяжелых металлов в почву. Кроме того, негативное воздействие содержащихся в промышленных газовых выбросах тяжелых металлов может усиливаться за счет влияния других вредных компонентов выбросов.

1.1.2. Тяжелые металлы в городских почвах

Характерной особенностью загрязнения почв крупных городов является накопление в них сложной многокомпонентной смеси химических веществ различной природы, среди которых ведущее место занимают тяжелые металлы. Теме загрязнения городских почв тяжелыми металлами посвящено множество работ [18, 43, 71, 78, 79, 82, 83, 84, 85, 70, 41, 46, 103, 105, 117].

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. В качестве критериев принадлежности к тяжелым металлам используются разные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В ряде случаев под определение тяжелых металлов попадают элементы, относящиеся к хрупким (висмут) или к металлоидам (мышьяк). В одних работах к тяжелым относят более 40 металлов с атомной массой свыше 50 атомных единиц, а в других – металлы с плотностью более 80 г/см^3 (свинец, медь, никель, кадмий, кобальт, олово, селен, висмут, ртуть) [42].

Тяжелые металлы являются не только загрязняющими веществами, но и природными микрокомпонентами почв. Их содержание обусловлено механическим и химическим составом почвообразующей породы, а также характером почвообразовательных процессов. Фоновое содержание элементов в почвах соответствует естественным концентрациям в почвах различных почвенно-климатических зон, не испытывающих заметного антропогенного воздействия. В силу антропогенных процессов элементы поступают в почву непрерывно и вопрос фонового содержания может рассматриваться лишь условно, так как этот суммарный фон имеет и природную и антропогенную составляющую.

В соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 (в ред. от 25.04.2007) [77] тяжелые металлы по степени опасности подразделяются на три класса:

I класс: мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор, 3,4-бенз(а)пирен.

I класс: бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром.

II класс: Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон.

В настоящее время в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 химическое загрязнение почв и грунтов при проведении инженерно-экологических изысканий включает в себя стандартный и расширенный перечень показателей.

Стандартный перечень химических исследований почв включает в себя определение содержания:

- тяжелых металлов 1 и 2 класса опасности (свинца, кадмия, цинка, ртути, меди, никеля и мышьяка).

- 3,4-бенз(а)пирена и нефтепродуктов.

Расширенный перечень исследований проводится при наличии определенных специфических источников загрязнения почв и грунтов путем определения более полной номенклатуры загрязняющих химических веществ. Выбор показателей зависит от предполагаемого состава загрязняющих веществ с учетом характера источника загрязнения почв и грунтов.

Свинец. В России значение ПДК весьма жесткое – 30 мг/кг [5]. В Западной и Центральной Европе нормативы для свинца мягче: в Германии, Дании, Швеции – 50 мг/кг; в Нидерландах – 85 мг/кг [8]; в Польше – 100 мг/кг [110]. По мнению Савича В.И. в России эти нормативные значения занижены [74].

В почву свинец попадает при добыче свинцовых руд, как отход металлургии, из двигателей автомобилей, потребляющих бензин с присадкой свинца, а также из свалок (использованные электрические аккумуляторы, краски, сплавы металлов). Высокое содержание свинца также отмечается в осадках городских сточных вод (до 3000 м/кг) [74], а также в пиритных огарках (до 4500 мг/кг) [16].

Использование свинца в строительстве и для декоративных целей обусловлено его высокой устойчивостью к коррозии в атмосфере (за счет покрытия поверхности свинца слоем окислов и карбонатов); в воде же при отсутствии этого покрытия свинец медленно растворяется (особенно в кислой среде); в жесткой воде происходит покрытие стенок водопроводных труб защитным слоем карбоната кальция, что предохраняет свинец от растворения. Соединения свинца широко применяются в создании покрытий на любых поверхностях («красный свинец» Pb_3O_4 – для покрытия стали;

хромат свинца $PbCrO_4$ – для окрашивания желтых школьных автобусов в Европе, Азии, Северной Америке; белый свинец $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ – для окрашивания железных крыш). Эти покрытия легко распадаются в условиях выпадения кислотных дождей.

В меньшей мере свинец используют при производстве хрусталя, а также защитных покрытий при работе с радиоактивными веществами.

Использование свинца включает производство электробатарей и аккумуляторов [4].

Кадмий. Кадмий встречается в природе в виде совместных залежей его сульфидов с сульфидами цинка, меди и свинца, а получают кадмий в виде побочного продукта при производстве этих металлов.

Поступление кадмия в почву возрастает при использовании муниципальных отходов в качестве удобрений, особенно на кислых почвах или при выпадении кислых дождей, которые усиливают подвижность этого элемента. Также на основе осадков сточных вод, в составе которых одним из ведущих элементов-загрязнителей является кадмий, создаются загрязненные растительные грунты для создания газонов.

Производство кадмия связано с его использованием на электрохимических заводах для гальванизации металлов, при изготовлении никель-кадмиевых батарей и специальных сплавов. Проблема захоронения никель-кадмиевых батарей стоит очень остро во всех странах [4].

Цинк. В России значение ПДК для цинка составляет 100 мг/кг [5], в Дании – 100, в Швейцарии – 200 мг/кг [8], в Польше – 300 мг/кг [110].

Основные источники цинка – цинковые удобрения, осадки сточных вод, воздушная пыль промышленного происхождения [131]. В городе цинк поступает в придорожное пространство в результате истирания различных деталей, эрозии оцинкованных поверхностей, износа шин, за счет использования в маслах присадок, содержащих этот металл. Много почв загрязнено цинком в результате деятельности плавильных заводов с

устаревшей пирометаллургической технологией, когда выбрасывались масса пыли и дыма, обогащенных свинцом и инком [13].

Ртуть. Ртуть используется при производстве фунгицидов, применяемых в сельском хозяйстве для протравливания семян, при производстве ламп дневного света, кварцевых ламп, ртутных батарей, а также используется в виде амальгам для лечения и протезирования зубов. Широкомасштабное использование ртути в батарейках и аккумуляторах создало проблему их захоронения после использования, поскольку ртуть летуча и выбрасывается в атмосферу в процессе сжигания мусора [4].

Медь. Истирание контактных проводов трамваев и троллейбусов в процессе эксплуатации приводит к загрязнению прилегающих территорий медью. Также медь поступает в почву от бытовых и коммунальных отходов.

Никель. В России значение ПДК для никеля составляет 40 мг/кг [5], в Дании – 10, в Германии – 50 мг/кг [8], в Польше – 100 мг/кг [110].

Никель попадает в почву в результате сжигания топлива и за счет промышленных выбросов. Осадки сточных вод содержат высокое содержание никеля (до 5000 мг/г) [74].

Мышьяк. Основной источник техногенного мышьяка – мышьяк-содержащие отвалы руд. Часть мышьяка включается в промышленные циклы, а затем поступает в почву и почвенные воды после растворения минералов.

В Москве загрязнения мышьяка носят исторический характер. Еще с XV века мышьяк применяли при выделке кож и широко использовали в ярких и стойких мышьяковых красках. Соединения мышьяка со свинцом применяли в борьбе с вредителями огородов и садов. Также мышьяк мог попасть в почву там, где плавили цветные металлы, так как он являлся примесью в свинцовых, медных, серебряных и реже цинковых рудах.

Поступающие из загрязненной атмосферы в почву металлы фиксируются процессами адсорбции, осаждения, коагуляции, межпакетного поглощения глинистыми минералами. Поступающие соединения тяжелых

металлов могут разрушаться почвенными органическими кислотами, сорбироваться компонентами ППК (почвенно-поглощающего комплекса) или при определенных почвенных условиях осаждаться в виде нерастворимых солей. Однако прежде они проходят фазу раствора, в которой они являются наиболее подвижными.

Основную роль в закреплении металлов в почве играют органическое вещество, глинистые минералы и гидроксиды железа и марганца. Сначала металлы сорбируются в основном неспецифически, но со временем они упрочняют связь с ППК. Это выражается в уменьшении содержания водорастворимых и непрочносвязанных форм соединений. В природных условиях этому способствует частая смена режимов увлажнения и иссушения почв. Тяжелые металлы в процессе сорбции почвой иммобилизуются и переходят в нетоксичные формы, некоторые входят в кристаллическую решетку алюмосиликатов. Например, техногенные свинец и медь трансформируются в почве в менее подвижные, а цинк и кадмий – в более подвижные [100].

Органическое вещество почв фиксирует тяжелые металлы путем специфической и неспецифической адсорбции. Уровень прочности связей тяжелых металлов с органическим веществом зависит и от свойств металла. Так, медь связывается прочнее, чем цинк и кадмий, но менее прочно, чем свинец.

Образующиеся связи между тяжелыми металлами и глинистыми минералами имеют обменные и необменные формы. Наибольшее сродство к минеральным компонентам ППК проявляет цинк, а наименьшее – медь и свинец. Поэтому илистая фракция почв обогащена цинком и обеднена медью и свинцом по сравнению со всей почвенной массой.

В нижних почвенных горизонтах основную роль в закреплении тяжелых металлов играют оксиды и гидроксиды железа, марганца и алюминия. Механизм закрепления – адсорбция или осаждение. Со временем прочность связи возрастает вследствие диффузии металлов внутрь твердой

фазы. Некоторые оксиды и гидроксиды обладают высоким сродством к конкретному тяжелому металлу, например, MnO_2 к свинцу и меди. Наиболее прочно закрепляются и активно сорбируются медь, цинк и свинец. Многие тяжелые металлы становятся малоподвижными в почвах, богатых железом, из-за процессов окклюзии.

Рост pH приводит к увеличению прочности соединений тяжелых металлов с почвенными компонентами. В основном выдерживается ряд адсорбции: свинец > медь > цинк > кадмий. Последний сорбируется наиболее активно, но присутствие в растворе других металлов понижает сорбцию кадмия в 2-14 раз; основным конкурентом является цинк, который также слабо фиксируется в почве из-за сродства с минеральными компонентами ППК и низкомолекулярной органикой. В случае поступления больших объемов тяжелых металлов в почву основным путем их фиксации является неспецифическая адсорбция; в результате степень из подвижности может достигать 63%.

Свинец, ртуть, кадмий и некоторые другие тяжелые металлы хорошо сорбируются в верхних слоях (несколько сантиметров) гумусового горизонта суглинистых почв. Миграция их по профилю и вынос за пределы почвенного профиля незначительны. В почвах легкого гранулометрического состава, кислых и обедненных гумусом, процессы миграции этих тяжелых металлов возрастают. Медь и цинк менее токсичны, но более подвижны, чем свинец и кадмий. Миграционная способность понижается при повышенном содержании органического вещества и утяжелении гранулометрического состава почв.

На поведение тяжелых металлов в почве оказывают влияние окислительно-восстановительные условия и кислотность. Миграционная способность меди, никеля, кобальта и цинка в восстановительной среде снижается на 1-2 порядка по сравнению с окислительной; в кислой среде большинство металлов более подвижны. Неблагоприятные физические и химические свойства подзолистых и дерново-подзолистых почв (повышенная

кислотность и содержание в ППК ионов алюминия) способствуют переходу тяжелых металлов в биологические ткани, повышению миграции тяжелых металлов, ухудшению жизнедеятельности нитрифицирующих и азотфиксирующих бактерий, которые часто снижают плодородие почвы.

Радиальная и латеральная миграция тяжелых металлов обусловлена миграцией в составе водорастворимых органических соединений, а в ряде случаев и процессом лессиважа. Повышенная аккумуляция тяжелых металлов может наблюдаться в почвах трансаккумуляционных позиций. Следовательно, супераквальные и трансаккумулятивные ландшафты зон воздействия предприятий в большей степени подвергаются техногенному воздействию. По данным исследований [128] период полуудаления из почв (выщелачивание) составляет для антропогенно привнесенного цинка 70-510 лет, кадмия – 13-110 лет, меди 310-1500 лет, свинца – 740-5900 лет.

В летний период с процессами эрозии и деятельность грунтовых вод происходит миграция тяжелых металлов в поверхностные воды. Даже в гумидных условиях почва выполняет роль фильтра на пути потока тяжелых металлов в природные воды. Лесные и лесостепные регионы характеризуются минимальной интенсивностью водной миграции тяжелых металлов. Когда атмосферная влага просачивается за пределы почвенной толщи, но не достигает грунтовых вод, происходит накопление тяжелых металлов ниже корнеобитаемого слоя, исключение из биокруговорота и дальнейшей водной миграции (так называемое, естественное захоронение).

Резкое изменение морфологических и физических свойств городских почв и особенности их генезиса отражаются на характере распределения элементов по профилю. В большинстве случаев накопление тяжелых металлов выявляется в верхнем 20-сантиметровом слое и превышает их содержание в нижележащих слоях в 2-3 и более раза. Но бывают и противоположные случаи, когда под верхним незагрязненным слоем залегают сильно загрязненные. Кроме того, возможно распределение тяжелых металлов с несколькими максимумами по профилю. Поэтому

недостаточно проводить оценку экологического состояния почв только в верхних 20 сантиметрах почвенного профиля.

В научном мире теме загрязнения почв Москвы посвящено много работ. По данным Строгановой М.Н., Агарковой М.Г. и Мягкова А.Д. в почвах Москвы содержание тяжелых металлов локально превышает ПДК в 5-10 раз [83]. При этом, в центре Москвы концентрация наиболее токсичных поллютантов (таких как ртуть, мышьяк, кадмий, ванадий) превышает ПДК в 30 и более раз. Чаще отмечаются загрязнения медью, цинком, свинцом, кадмием, кобальтом. Очаги сильного загрязнения имеются на территории Северо-Западного административного округа, в пределах Садового кольца, в северной части Измайловского парка, в районе Люблинских полей фильтрации (концентрация ряда химических веществ здесь в 20-30 раз выше фоновых значений). Наихудшие показатели имеют центр и восточная часть города. Прогнозируется, что через 30-40 лет вся территория Москвы станет сплошной геохимической аномалией с высоким уровнем загрязнения.

Обухов А.И. с соавторами [58, 59] указывает, что содержание цинка и свинца в почвах Москвы, кроме почв лесопарков, превышает норму в 3-4 раза. Превышение по меди в почвах скверов и селитебных участков в центре города составляет 2-5 раз. В почвах бульваров, газонов и селитебных участков содержание кадмия превышает значения ПДК в 2-3 раза.

Галактионов А.Ю., Когут Б.М. и Кахнович З.Н. [17] отмечают, что в почвах Москвы содержание свинца, цинка и меди значительно варьирует по направлению транс-секты запад-восток, даже среди близко расположенных точек отбора. Однако отмечается тенденция снижения загрязнения центральных частей парков и выраженные максимумы на окраинах. Кроме того, распределение тяжелых металлов в почвах города редко подчиняется закону нормального распределения и локально может варьировать в пределах 2-3 порядков, а в распределении по профилю наблюдаются два максимума: в верхнем гумусовом горизонте и в одном из нижних.

1.1.3. Влияние ТМ на свойства почв

В процессе урбанизации формируется новая природно-городская система, состоящая из природных экосистем, промышленных зон, транспортных магистралей и др. Здесь происходит образование новых типов искусственно-созданных систем в результате деградации, уничтожения или замещения природной среды. Антропогенные нарушения функционального круговорота в городской системе зависят от источника влияния и вида вмешательства человека.

Почвы в городе живут и развиваются под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы (климат, рельеф, материнские породы, растительный и животный мир, время), но при ведущем антропогенном факторе, который воздействует на почву прямо и косвенно, изменяя природные факторы почвообразования. Особенности антропогенного фактора определяются типом хозяйственного использования и историей развития территории. В результате формируются специфические типы почв или почвоподобных тел [67].

Городские почвы - это почвы, имеющие созданный в результате деятельности человека поверхностный органо-минеральный слой, полученный перемешиванием, насыпанием, погребением и (или) загрязнением материалами антропогенного (урбаногенного) происхождения (строительно-бытовой мусор и др.).

Главные отличия городских почв от естественных:

• формирование почв на насыпных, намывных или перемешанных грунтах и культурном слое;

• наличие включений строительного и бытового мусора в верхних горизонтах;

• высокая степень загрязнения, в т.ч. токсичными химическими элементами, нефтепродуктами и т.д.;

• изменение кислотно-щелочного баланса и окислительно-

восстановительного потенциала;

• изменение физико-механических свойств почв (пониженная влагоемкость, повышенная уплотненность и другие особенности).

Основными функциями городской почвы являются пригодность для произрастания зеленых насаждений, способность абсорбировать в толще загрязняющие вещества и удерживать их от проникновения в почвенно-грунтовые воды [9, 32].

При поступлении на поверхность дерново-подзолистой почвы в первую очередь тяжелые металлы вступают в контакт со слоем подстилки или опада, которые проявляют себя по разному. С одной стороны они служат ловушкой для тяжелых металлов, а с другой – насыщенность водорастворимыми органическими соединениями способствует трансформации металлов в более миграционно-активную форму.

Влияние тяжелых металлов на компоненты экологической системы обусловлено взаимодействием с компонентами почвенного раствора и почвенно-поглощающего комплекса (ППК) (за счет осадкообразования, ионного обмена, комплексообразования); изменением ППК; изменением структурного состояния почв, их плотности, влажности и, как следствие, изменением микробиологической активности. Таким образом, происходит изменение массы и состава растительного опада, характера его разложения, трансформация гумусового состояния почв. Изменение свойств почв приводит к изменению почвенных процессов и режимов. Поэтому для почв, загрязненных тяжелыми металлами характерны свои модели плодородия и некоторые особенности мероприятий по повышению плодородия почв.

Тяжелые металлы, попадая в почву, образуют новые положительно и отрицательно заряженные комплексы с водорастворимыми органическими лигандами в перегнойно-аккумулятивном горизонте.

В условиях подзолообразования это приводит к обеднению верхних горизонтов токсикантами. Но с другой стороны, развитие дернового процесса приводит к аккумуляции токсикантов в горизонте А1. Это связано с более

нейтральной реакцией среды в этом горизонте. Сочетание процессов аэрального и биологического накопления тяжелых металлов и их элюирование вызывает их перераспределение по профилю почв. Под древесными культурами около стволов деревьев содержание тяжелых металлов выше, чем на некотором удалении от них в связи с задержкой тяжелых металлов листвой или хвоей и их стеканием по стволу. Кроме того, кислые органические продукты, стекающие по стволу, также увеличивают подвижность тяжелых металлов [75].

В настоящее время научный мир обеспокоен опасность загрязнением почв тяжелыми металлами и внимательно изучает влияние тяжелых металлов на свойства почв, почвенные и почвообразовательные процессы [10, 23, 28, 44, 94, 108], а также на микроорганизмы, растения, животных и человека [37, 53, 73, 75, 76, 92, 104, 114, 122, 126].

Раздел 2. Оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами

1.2.1. Экологическая оценка в России

Оценка экологического состояния почвенного покрова является обязательной основой для оценки характера антропогенной нагрузки на территорию [12]. Любое почвенное свойство, рассматриваемое с точки зрения своего влияния на роль почвы в устойчивом функционировании экосистем (естественных и антропогенных), может служить показателем экологического состояния почв [48].

Вопрос экологического нормирования и оценки загрязнения почв освещен во многих научных работах [2, 3, 6, 9, 14, 15, 42, 48, 55, 75, 81, 86, 95, 101, 102, 121, 123].

В настоящее время основным критерием оценки уровня загрязнения почвы химическими веществами является ПДК, данная методика основана на соотнесении фактически определенной концентрации элемента с предельно

допустимой концентрацией загрязняющего вещества. В результате чего исследуемые объекты подразделяются на две категории: соответствующие и не соответствующие требованиям (СанПиН 2.1.7.1287-03; ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.7.2042-06) [9, 20, 21, 77].

Предельно-допустимая концентрация – это максимальное значение фактора, которое, воздействуя на человека, не вызывает у него и его потомства биологических изменений, даже скрытых и временно компенсируемых, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных возможностей, иммунологических реакций, нарушений физиологических циклов и психологических нарушений.

Следует отметить, что в мировой практике разработка ПДК для почв была начата впервые, именно, в России в семидесятых годах прошлого века [38]. Явным преимуществом данного способа оценки степени загрязнения является его простота применения. Тем не менее, система единых национальных нормативов подвергается справедливой критике. По мнению ряда ученых, применение единых величин ПДК на все территории без учета региональных особенностей недопустимо. Для сглаживания данного недостатка в 1992 году был принят норматив ориентировочно допустимых концентраций (ОДК), полученный расчетным путем и учитывающий гранулометрический состав и кислотность почвы [20, 21]. Они рассчитаны для тяжелых металлов и имеют по три численных значения для различных условий, что делает их применение более обоснованным и гибким. В таблице 2 приведены значения ПДК и ОДК для тяжелых металлов, содержание которых определялось в почвах в данной работе.

Следует учитывать, что ПДК устанавливаются для каждого элемента в отдельности без учета их совокупного действия, что делает использование ПДК проблематичным на почвах, загрязненных двумя или более элементами. Также, сравнение с ПДК дает возможность оценить санитарно-гигиеническое состояние территории, но не позволяет выявить влияние на нее хозяйственной деятельности.

Таблица 2

Действующие гигиенические нормативы загрязнения почв Российской Федерации (по ГН 2.1.7.2041-06 и ГН 2.1.7.2042-06).

		Cd	Cu	As	Ni	Pb	Zn	Hg
ПДК, мг/кг		-	-	2	-	32	-	2,1
ОДК, мг/кг	Песчаные и супесчаные	0,5	33	2	20	32	55	-
	Кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl<5,5	1,0	66	5	40	65	110	-
	Близкие к нейтральным (суглинистые и глинистые), pH KCl>5,5	2,0	132	10	80	130	220	-

Кроме того, при эколого-геохимической оценке состояния почв и грунтов используются следующие показатели [42]:

- коэффициент концентрации относительно ПДК или ОДК;
- коэффициент концентрации, характеризующий интенсивность техногенной аномалии;
- суммарный показатель загрязнения (Zc).

Коэффициент концентрации относительно ПДК (ОДК) характеризует превышение содержания элемента в почвах и грунтах над его ПДК (ОДК). Численно это коэффициент равен отношению содержания элемента в исследуемом объекте к его ПДК (ОДК):

$$К_{ПДК(ОДК)}=C_i/ПДК(ОДК)$$

Коэффициент концентрации ($Кс_i$), характеризующий интенсивность техногенной аномалии; численно он равен отношению содержания элемента в исследуемом объекте к его фоновому содержанию:

$$Кс_i=C_i/Сф_i,$$

где C_i – фактическое содержание i-го химического элемента в почвах и грунтах, мг/кг; $Сф_i$ – фоновое содержание i-го химического элемента в почвах и грунтах, мг/кг.

Суммарный показатель загрязнения (Zc) характеризует эффект воздействия группы элементов; численно этот показатель равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов:

$$Zc = Кc_i + \ldots + Кc_n - (n-1),$$

где n – количество учитываемых химических элементов; $Кc_i$ – коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения, превышающий единицу. Для расчета суммарного показателя необходимо использовать не менее семи химических элементов – свинец, мышьяк, кадмий, цинк, ртуть, медь, никель.

Значение фонового содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах определяют для незагрязненной территории, а затем согласовывают с территориальными органами госсанэпиднадзора.

В санитарно-гигиеническом отношении почвы городских территорий подразделяют по уровню химического загрязнения на категории: чистая, допустимая, умеренно опасная, опасная, чрезвычайно опасная. Для чистой категории загрязнения почв и грунтов не запускается превышение ПДК (ОДК). По суммарному показателю загрязнения проводится оценка опасности химического загрязнения почв и грунтов тяжелыми металлами и мышьяком (табл. 3):

Таблица 3

Оценочная шкала уровней химического загрязнения почв и грунтов тяжелыми металлами и мышьяком по суммарному показателю загрязнения (Zc)

Категория загрязнения почв	Величина Zc
Допустимая	<16
Умеренно опасная	16-32
Опасная	32-128
Чрезвычайно опасная	>128

Оценка опасности химического загрязнения почв веществами органического происхождения проводится на основе ПДК (ОДК) и класса опасности (табл. 4). Фоновое содержание органических соединений в почвах приравнивается к 0,1ПДК.

В случае многокомпонентного загрязнения оценка уровня химического загрязнения проводится по наиболее токсичному веществу, имеющему максимальное содержание в почвах.

Таблица 4

Оценочная шкала уровней химического загрязнения почв и грунтов веществами органического происхождения

Содержание в почвах и грунтах, мг/кг	**Категории загрязнения почв и грунтов**		
Класс опасности	1 класс	2 класс	3 класс
> 5 ПДК (доп. уровня)	Чрезвычайно опасная	Чрезвычайно опасная	Опасная
От 2 до 5 ПДК (доп. уровня)	Опасная	Опасная	Умеренно опасная
От 1 до 2 ПДК (доп. уровня)	Допустимая	Допустимая	Допустимая

Почвы, характеризующиеся чрезвычайно опасной категорией загрязнения, подлежат вывозу и утилизации на специализированных полигонах. К таким почвам применимы требования в области обращения с отходами (на полигонах размещение отходов проводится в соответствии с их классом опасности) [42].

Как мы видим, утвержденные значения ПДК и ОДК – это большой шаг на пути сохранения почв. Но наука не стоит на месте: меняются и совершенствуются методологические подходы к экологической оценке не только почв и грунтов, но и всех основных компонентов окружающей среды мегаполиса, включая атмосферу, водную и почвенно-грунтовую среду, донные отложения и искусственные (техногенные) объекты в виде станций водоподготовки и очищения сточных вод.

Используемая в настоящее время методология оценки почв заимствована из практики исследования гомогенных сопредельных сред (воды, воздуха). С одной стороны этот подход справедлив. Например, в работах Щегольковой Н.М. [97, 98] мы отчетливо видим влияние мегаполиса на состояние реки Москвы и роль таких ее важных свойств как буферность к загрязнителю и способность к самоочищению. Почва так же испытывает высокое антропогенное влияние в крупном городе и обладает определенными буферными свойствами. Но, с другой стороны, для оценки

загрязнения воздуха или воды достаточно измерить содержание показателя в одной точке. Полученное значение будет репрезентативным для всего объема. В работе Смагина А.В. отмечается, что для почв такой подход неприемлем, так как они обладают системой генетических и функциональных горизонтов, латеральной пространственной изменчивостью. Поэтому, наряду с показателем концентрации загрязняющего вещества в образце, возникает необходимость использования интегральных характеристик, позволяющих отражать запасы вещества в почвенной толще в целом на единице площади. В данной работе будет рассмотрено предложенное Смагиным А.В. [80] дополнение к действующей системе ПДК (ОДК), учитывающее важную особенность такого сложного природного объекта как почва – изменение плотности ее сложения с глубиной. Как мы увидим позже, данная методика позволяет оценивать почву не по массовым концентрациям поллютанта (как это делается в настоящее время), а по объемным концентрациям. При оценке почты такой подход поможет не только отразить сложность ее строения, но и позволит унифицировать показатели загрязнения всех компонентов окружающей среды, что будет особенно важно при их сопряженном исследовании. Ведь экологическая оценка состояния почв опирается на данные массовых концентраций загрязняющих веществ, в то время как для оценки состояния воздуха и воды используют значения объемных концентраций.

1.2.2. Зарубежный опыт экологической оценки загрязнения почв

Теме загрязнения почв тяжелыми металлами и ее экологической оценки посвящено немало работ зарубежных исследователей и ученых [111, 112, 120, 127, 129].

По мнению Пинского Д.Л. действующие в настоящее время нормативы вызывают серьезную критику и нуждаются в пересмотре [62]. В наиболее целостном виде экологическое нормирование реализовано в Федеративной

Республике Германии в системе стандартов DIN [48]. Германские нормативы качества почв установлены, прежде всего, в целях защиты подземных вод от загрязнения; при этом критерии загрязненности зависят от пояса (зоны) охраны источника подземных вод, а также от типа и, соответственно, проницаемости почв [29]. В Германии разработаны также рекомендации по оценке качества почв с позиций потенциального использования исследуемых площадок в будущем. В Нидерландах в настоящее время действуют критерии оценки качества почв, выпушенные в 2000 году. Документ содержит сведения о фоновом загрязнении почв, о целевых показателях качества, а также критерии оценки, которые позволяют принять решения относительно неотложности и масштабов вмешательства (очистки, удаления и захоронения и пр.). При оценке качества окружающей среды в США используют стандарты содержания в почвах и грунтовых водах опасных химических соединений и нефтепродуктов. Сравнение концентраций этих соединений на исследуемых участках с их стандартами позволяет количественно оценить меру потенциальной опасности, которую могут представлять загрязняющие вещества для здоровья человека, общественного благосостояния и окружающей среды. Такой подход называют характеристикой риска загрязнения. Соответствующие Рекомендации по оценке состояния и контролю потенциально вредных последствий загрязнения почвы, выпущенные в июле 1996 года, представлены на сайте Агентства по охране окружающей среды США (US EPA) [99].

В современном российском природоохранном законодательстве нет научно-обоснованного подхода к оценке почвы как сложноорганизованного, неоднородного в пространстве объекта [48, 50, 81].

При осуществлении экологической оценки загрязнения почв сложился подход, перенесенный из других наук, занимающихся экологической оценкой и нормированием состояния сопредельных, достаточно гомогенных, однофазных сред – воздуха (атмосферы) и воды. Речь идет о концентрационных стандартах (нормативах) в виде ПДК (ОДК), отнесенных

к массе однородной среды и вызывающих гибель существ или их необратимое нарушение. Для почв, являющихся гетерогенными, биокосными единствами, сочетающими живое и неживое, жидкую, твердую и газовую фазы, такой подход весьма проблематичен. Различия в профильном распределении веществ, объемных массах (плотности) и множестве других свойств приводят к неопределенности в экологической оценке лишь по концентрационным критериям [80]. При осуществлении экологической оценки загрязнения почв необходим учет структурно-функциональной организации почвы, ее гетерогенности, существенной вертикальной анизотропии как сложного поликомпонентного, многофазного пространственно-распределенного объекта.

Раздел 3. Роль физических показателей почвы в оценке загрязнении тяжелыми металлами

1.3.1. Влияние плотности на оценку загрязнения тяжелыми металлами

Для почвенных ресурсов первостепенно важной является способность осуществлять основные почвенно-экологические функции, включая плодородие. Как было уже сказано выше, современная оценка уровня загрязнения почв тяжелыми металлами основана на использовании концентрационных критериев в виде ПДК и ОДК, которые основаны на концентрации поллютанта по отношению к массе почвы. Но растения реагируют на реальное содержание элементов-загрязнителей в корнеобитаемом слое, а не на их концентрации по отношению к массе вмещающего материала. Ведь они могут быть различны при одной и той же массе загрязнителя в зависимости от массы вмещающего почвенного материала. Например, в соответствии с формулой:

$$ЗВ = C\ \rho_b\ h, \text{ где}$$

ЗВ – запас загрязняющего вещества; ρ_b – плотность почвы, h – мощность ее слоя. В торфе или подстилке, обладающих малой плотностью (0,1-0,3 г/см^3), при одной и той же массе загрязнителя его концентрация будет существенно выше, чем в минеральной почве с плотностью 1,3-1,5 г/см^3. Часто массовые концентрации поллютантов в легких подстилках в 5-10 раз выше таковых в нижележащих минеральных горизонтах; но умножив их на плотность мы видим, что объемные концентрации будут равными, а то и больше в гумусовых горизонтах.

Описанный подход Смагин А.В. предлагает называть ресурсным. Он позволяет охарактеризовать весь объем почвы с точки зрения загрязняющего вещества. Именно запас поллютанта представляет собой реальный

показатель, точно измеряемый (т/га, кг/м^2), подлежащий нормированию, экологическому контролю и очищению.

1.3.2. Роль профильного распределения загрязняющего вещества

Почва — природное тело, имеющее определенную протяженность в трех измерениях пространства. Как всякое природное тело, она имеет свое положение в пространстве, объем и границы. Профиль почвы характеризует изменение ее свойств по вертикали, которое связано с воздействием почвообразовательного процесса на материнскую горную породу. Таким образом, наблюдается закономерное изменение гранулометрического, минералогического и химического состава, а также физических, химических и биологических свойств почвенного тела от поверхности почвы вглубь до незатронутой почвообразованием материнской породы, зависящее от типа почвообразования [40]. Попадая в почву, тяжелые металлы распределяются по горизонтам в соответствии со своей миграционной способностью и внешними факторами: почвенными (гранулометрический состав, содержание органического вещества, реакция среды, емкость катионного обмена), биологическими (виды растений) и климатическими.

Поэтому современная методика отбора проб для контроля загрязнения тяжелыми металлами, основанная на отборе исследуемых образцов из верхних (до 20 см) слоев почвы нуждается в корректировке. Исследования профильного распределения тяжелых металлов [60, 31, 88, 93] демонстрируют необходимость учитывать запас поллютанта во всем корнеобитаемом слое, а 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.

В связи с этим Смагиным А.В. были разработаны условно-нормативные величины запаса тяжелых металлов, рассчитанные на базу существующих ПДК и ОДК [81], которые в нашей работе будут обозначаться $ПДК_{г/м}^{2}$ и использоваться для определения степени загрязнения почвы по методике, учитывающей плотность сложения почвы и профильное распределение тяжелых металлов.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Раздел 1. Географическое положение и рельеф

Москва находится в центре европейской части России, в междуречье Оки и Волги, на стыке Смоленско-Московской возвышенности (на западе), Москворецко-Окской равнины (на востоке) и Мещёрской низменности (на юго-востоке). Территория города на 2012 год составляет 2511 кв. км. Треть (870 кв. км) находится внутри кольцевой автомагистрали (МКАД), остальные 1641 кв. км — за кольцевой автодорогой.

Средняя высота над уровнем моря составляет 156 м. Наивысшая точка находится на Теплостанской возвышенности и составляет 255 м, самая низкая точка — вблизи Бесединских мостов, где река Москва покидает город, высота этой точки над уровнем моря составляет 114,2 м. Протяжённость Москвы (без учёта чересполосных участков) с севера на юг в пределах МКАД — 38 км, за пределами МКАД — 51,7 км, с запада на восток — 39,7 км.

Город располагается на обоих берегах реки Москвы в её среднем течении. Помимо этой реки, на территории города протекает несколько десятков других рек, наиболее крупные из которых — притоки Москвы, в частности Сходня, Химка, Пресня, Неглинная, Яуза и Нищенка (левые), а также Сетунь, Котловка и Городня (правые). Многие малые реки (Неглинная, Пресня и др.) в пределах города протекают в коллекторах. В Москве много и других водоёмов: более 400 прудов и несколько озёр.

Современная Москва включает в себя территории трех физико-географических (ландшафтно-геоморфологических) районов: северо-западная часть столицы расположена на низких отрогах Смоленско-Московской возвышенности (Северная водораздельная равнина); восточная часть – на Мещерской низменности; юго-западные и южные районы Москвы

– на Москворецко-Окской равнине. Долины рек Москвы и Яузы на территории города являются естественными границами между физико-географическими областями, которые различаются по истории геологического развития, геологическому строению, рельефу и другим природным показателям [47]. Морфометрические характеристики выделяемых ландшафтно-геоморфологических районов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Морфометрические характеристики выделяемых ландшафтно-геоморфологических районов (без учета ТиНАО)

Характерис-тики	Районы			
	Долины р. Москвы и ее притоков	Теплостанская возвышенность	Москворецко-Яузское междуречье	Яузско-Пехорское междуречье
Абсолютные отметки, м	120-160	175-250	175-185	155-165
Густота расчленения, км/км^2	Средн. 0,5-1,5 Макс. 0,8	0,5-2,5 4,3	0-1,0 1,9	0-0,5 1,7
Глубина расчленения, м/км^2	Средн. 5,15 Макс. 32	20-30 75	2,5-10 22,5	2,5-10 20,2
Крутизна склонов в градусах	Средн. 3 Макс. 12-20	3-6 20	1,5 12-20	1,5 3
Мощность техногенных отложений, м	Средн. 2,0-3,0 Макс. 20	1,0 16,0	1,0-2,0 9,2	1,0-3,0 6,0

Долина р.Москвы – главный геоморфологический и ландшафтный объект на территории столицы. Во-первых, она занимает большую площадь города, пересекая его с северо-запада на юго-восток. Во-вторых, здесь наиболее активны экзогенные процессы. В-третьих, вместе с долиной р.Яуза (главного притока на территории города), разделяет три физико-географические области, обеспечивая естественный переход от одного типа

ландшафта к другому. В-четвертых, ландшафтные особенности и структура гидросети долины р.Москвы определили архитектурно-композиционные особенности города.

Река Москва сильно меандрирует, ее долина имеет ассиметричное строение. Террасы развиты преимущественно на левом берегу. Четко выделяются пойма и три надпойменные аллювиальные террасы. Наибольшая ширина долины наблюдается в юго-восточной части города (12 км). Самая древняя и наибольшая по площади – третья надпойменная терраса – Ходынская; значительно меньше – вторая (Мневниковская) и первая (Серебряноборская) надпойменные террасы. Пойма реки протянулась вдоль реки практически сплошной полосой.

Третья надпойменная терраса выражена в рельефе наиболее четко, представляет собой равнинное пространство, имеющее незначительные колебания высот; относительная высота 30-35 м (абсолютная 135-160 м). Поверхность имеет небольшой уклон 1,5-3° в сторону реки. У бровки высота террасы местами снижается до 25 м и отделена от более низких террас пологим уступом. В припойменных участках Ходынская терраса крутыми уступами высотой 25-30 м спускается к реке. Так в районе Боровицкой и Краснохолмской излучин терраса пересекается реками Пресней, Неглинкой, Яузой и их многочисленными притоками, а также ручьями Сивкой и Черторыем. Именно на этих суходолах высокой третьей террасы, покрытых бором, возникла Москва и легенда о ее «семи холмах».

Вторая надпойменная терраса имеет высоту 12-18 м у бровки и 20-22 м у тылового шва (абсолютные отметки 130-140 м). Она хорошо выражена в рельефе, а ее фрагменты отмечаются по всей длине реки в черте города. Поверхность ровная, с небольшим уклоном в 1,5°. К первой террасе спускается пологим уступом.

Первая надпойменная терраса в черте города встречается лишь отдельными фрагментами в Серебряноборской и Мневниковской излучинах,

а также в Замоскворечье. Относительная высота террасы 8-10 м (абсолютная высота 126-130 м).

В целом долинный рельеф претерпел существенные изменения: значительно снижена густота расчленения за счет засыпки оврагов и мелких ручьев; спланированы прибровочные перегибы; изменена конфигурация береговой линии, глубина и ширина русла рек Москва и Яуза; интенсивность русловых процессов регулируется плотинами и землечерпательными работами; изменены абсолютные отметки и относительные превышения террасовых и пойменных поверхностей за счет площадных подсыпок.

Смоленско-Московская возвышенность. К этой территории относятся западные и северо-западные участки Москвы (Москворецко-Яузское междуречье). Эти ее низкие южные отроги в междуречье р. Москвы, Клязьмы и Яузы представлены аккумулятивно-эрозионной равниной, где на фоне плоских участков, сложенных флювиогляциальными отложениями, выделяются пологие моренные холмы. Здесь наблюдаются сглаженные формы рельефа с нечетко выраженными водоразделами малых рек (абсолютные отметки 170-190 м) и относительными превышениями над плоскими западинами 5-10 км, которые ранее были заболочены. Из этих болот получили начало притоки реки Москвы (реки Ходынка, Пресня, Неглинная) и правые притоки реки Яузы (реки Каменка, Горячка, Копытовка и другие). Рек, текущих по поверхности осталось крайне мало – Лихоборка, Чермянка, Каменка, Химка, Сходня.

Структурные особенности территории определили рисунок гидросети Москвы. Отличие гидросети этой части города в преимущественном течении основных левых притоков реки Москвы на юг. Так текут Сходня, Химка, Ходынка, Ермаковский ручей, Студенец, Черторый, Неглинная, Сорочка, Рачка и отчасти Яуза. Правые притоки Яузы в большинстве своем текут на восток; сама река Яуза – на юг (с некоторыми отклонениями).

Мещерская низменность. Восточная часть Москвы расположена на Мещерской озерно-ледниковой низменной равнине с преобладанием плоских

поверхностей с неглубокими и широкими флювиогляциальными ложбинами, освоенными современной гидрографической сетью. Столица расположена на части Мещеры, называемой Подмосковной равниной. Это плоское водораздельное пространство рек Клязьмы и Москвы к востоку от Яузы, включающее ее левобережье и бассейн Пехорки. Пологая равнина с общим уклоном на юго-восток и относительно большой мощностью четвертичных водно-ледниковых и аллювиальных отложений с неглубоким залеганием глин и известняков карбона. Абсолютные отметки в Москве не превышают 140-160 м, относительное превышение над урезом реки Москвы – 20-40 м. Здесь характерны песчаные дерново-подзолистые и болотно-подзолистые почвы с массивами торфяных болот.

Вся местность по левому борту Яузы (включая и долинный комплекс) называется Заяузье. Здесь отмечается минимальная в городе густота изначальной и сохранившейся гидросети. Речные долины не всегда четко выражены, не глубоки и с трудом прослеживаются в рельефе после застройки.

Именно в Мещерской части города сохранились большие участки городских лесов и лесопарки (Лосиный остров, Измайловский лес, Кусковский лесопарк). Отчасти это связано с плоскостью рельефа, слабой дренированностью местности, вследствие чего многие участки были заболоченными, сырыми. В городских лесах сохранилась изначальная речная сеть, обширные низинные болота (вдоль Ички, Серебрянки), последние в Москве фрагменты верховых и переходных болот (в Лосином Острове), а также озера ледникового происхождения (в Кузьминках).Здесь имеется ряд маленьких чистых речек, бассейн которых полностью залесен (Лось, Харигозинский ручей, сток с Красного пруда, верховья Ички), с естественным режимом (летом пересыхают до самого устья, а весной разливаются).

Теплостанская возвышенность относится к Москворецко-Окской полого-увалистой равнине, рельеф и геологическое строение которой во

многом определяются особенностями развития московской стадии ледникового покрова, точнее краевой южной части ледника. Овраги и балки в основном здесь имеют длинные и пологие приовражные, прибалочные и придолинные склоны, свидетельствующие о длительном процессе их формирования. Поверхность возвышенности имеет ступенчатый характер: нижние ступени перекрыты флювиогляциальными и озерно-ледниковыми отложениями, с отдельными линзами морены в разрезе; высокие ступени перекрыты мореной московского и днепровского (донского) ледников. Четвертичные отложения имеют мощность 10-20 м (максимум 30м). Абсолютные отметки ступеней-холмов, поднимающихся от реки Москвы к Теплому стану – 175-180, 190-200, 210-230 м (максимальная отметка 255,2 м).

Теплостанская возвышенность расчленена глубокими эрозионными долинами, балками оврагами. На их склонах нередко находятся оплывины и оползни мелкого заложения. Здесь присутствуют наибольшие для города показатели глубины (20-30 м/км^2, максимум 75 м/км^2) и густоты (до 3 км/км^2) расчленения рельефа. Особенно сильно изрезан склон восточной экспозиции – бассейн р.Городни и ее притоков. Однако в целом возвышенность характеризуется мягкими формами рельефа. В левосторонних (северо-восточных) излучинах, где к Теплостанской возвышенности примыкают аллювиальные террасовые ступени, отмечается постепенный переход от долины к водоразделу. В правосторонних (юго-западных) излучинах высокие террасы сохранились отдельными фрагментарно, река врезается в коренной берег, образуя крутые оползневые склоны Фили-Кунцевского лесопарка, Воробьевых гор, Коломенского.

Одна из важнейших особенностей Теплостанской возвышенности – это преимущественное течение большинства крупных рек на восток с некоторым отклонением к северу. Многие из теплостанских речек очень близко подходят к реке Москве, а потом удаляются от нее и впадают либо в

следующую москворецкую излучину (реки Филька, Городня), либо в приток реки Москвы (Кровянка, Чертановка) [61].

Раздел 2. Климат

Москва расположена в зоне умеренно континентального климата с хорошо выраженными сезонами, умеренными количествами тепла и влаги. Средняя годовая температура в Москве на протяжении XX столетия повысилась более чем на 2°С, а продолжительность безморозного периода возросла более чем на 2 месяца. Годовая сумма осадков также возросла существенно. Вследствие потепления стали нередкими случаи повторного цветения растений.

В связи с ростом и развитием города в городскую атмосферу стало поступать большое количество дополнительной энергии за счет тепловых выбросов предприятий и домов, возрастания площадей застройки, асфальтовых покрытий. Изменились условия обмена тепла и влаги на территории. В результате в Москве, как и во многих крупных городах, формируется особый климат, который в летний период близок к климату полупустыни или скалистой пустыни. Летом в Москве температура на поверхности асфальта в послеполуденное время достигает 45-55°С; температура краснокирпичной стены равна 41°С, белой стены – 38°С, а температура газона – 25°С.

В безветренные дни на высоте 100-150 м может образовываться слой температурной инверсии (не понижение, а повышение температуры с высотой), который задерживает загрязненные массы воздуха над территорией города. Инверсия, наряду со значительными выбросами и интенсивным нагревом каменных, кирпичных и железобетонных сооружений, приводит к дополнительному нагреву центральных районов города. Таким образом, над городом образуется «тепловая шапка»: средняя температура воздуха в центре города на 1,5-2°С выше, чем на окраинах, и на

3-4°С выше, чем в Подмосковье. Это равносильно смещению Москвы на 150-200 км к югу. В центре города заморозки прекращаются на 8-10 дней раньше весной, а осенью начинаются на месяц позже, чем на окраинах столицы. Цветы в центре столицы распускаются на 7-10 дней раньше, чем на периферии. Кроме того, описанная разница температур характерна и для внутригородских территорий: между «полюсом тепла» (центр города в районе Балчуга) и «полюсом холода» (северо-западный район города в Тушине) разница температур летом может достигать 10-12°С.

Из года в год температура в Москве может сильно меняться. Например, в конце 1990-х годов москвичи были свидетелями дождя в январе. А в январе 1893 года (самый холодный январь) температура воздуха составила -21,6°С. Такие же колебания наблюдаются и в количестве осадков: суммы осадков за один и тот же день могут различаться на территории города в 2-3 раза; а годовое количество осадков колеблется от года к году (в 1920 году - 354 мм, в 1952 году – 819 мм).

В Москве также установилась своеобразная местная циркуляция воздушных масс, которая носит называние «городской бриз» и может достигать скорости 3-5 м/с: в жаркие летние безветренные дни воздух в центре нагревается и поднимается, в результате чего происходит подток воздуха с окраин (как лесопаркового пояса, так и из промышленных зон) независимо от их расположения по отношению к розе ветров. В случаях мощных антициклонов и высоких атмосферных давлений городские бризы могут и не возникать.

Важную роль в формировании атмосферы Москвы играет её загрязнение газами, аэрозолями и пылью от промышленных предприятий, автотранспорта, ТЭЦ, котельных. Вокруг Москвы образуется полоса загрязнения пылью около 1810 тыс. кв. км, которая тянется от Твери до Мордовии и от Калуги до Нижнего Новгорода. Площадь загрязненного снега в 2,5 раза больше территории города и весной он тает на 5-8 дней раньше, чем в более отдаленных районах. Также пыль повышает содержание в

атмосфере ядер конденсации (обычно это частицы серы, соединения азота), адсорбирующих капельки воды, что в свою очередь приводит к увеличению количества пасмурных дней на 15% и увеличению количества снега (и осадков в целом) на 25% по сравнению с Подмосковьем.

Задымленность и загазованность воздуха Москвы уменьшает поступление солнечной радиации на 5-9%, увеличивает влажность воздуха на 6%, снижает скорость ветра на 25% по сравнению с сельской местностью. Длительность солнечного сияния в центре города меньше чем на окраинах на 120 часов, а мутность атмосферы выше на 8-10% по сравнению с областными районами. Отмечается снижение поступления ультрафиолетовой радиации, сопровождающееся ростом количества болезнетворных бактерий в воздухе на 13% по сравнению с внегородскими территориями. В результате, Москва по уровню получаемого солнечного света (инсоляции) смещается на 10 градусов к северу, а по тепловому режиму атмосферы – на 10 градусов к югу. Это оставляет отпечаток на флоре, которая представлена как южными, так и северными видами [69].

Раздел 3. Растительность

Москва расположена в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Изначально на территории современной Москвы на севере и западе на тяжелосуглинистых почвах произрастали елово-широколиственные леса, на юге – широколиственные с преобладанием липы и дуба, на востоке на легких песчаных почвах – сосновые леса, в поймах рек – ольховые. На территории Москвы березняками покрыты 39% лесопокрытой территории, сосновыми лесами – примерно 20% (постепенно сменяются лиственными), липняками – 18% (преобладают в Фили-Кунцевском лесопарке, Имайловском и Битцевском лесных массивах, в Лосином острове), древостоями с преобладанием дуба – около 10%, осинниками – около 4%, лиственничниками – 2,5%, ельниками – 1,9% (ель плохо выносит условия

города). Под пологом березы хорошо развивается подрост из теневыносливых липы и клена остролистного, а на территории Лосиного острова и Битцевского парка – даже из ели.

Таким образом, в Москве леса находятся не в первозданном виде, но здесь сохраняются определенные признаки зональных сообществ – присутствуют сообщества смешанных лесов с характерными видовыми представителями и биоценотическими связями.

В отличие от лесов, сохранению которых в Москве было уделено внимание, луга сохранились плохо. Открытые пространства рассматриваются только как удобные места для застройки. В наибольшей степени уничтожены суходольные луга. Открытые водораздельные пространства сначала служили пашнями, а в современность превратились в жилые кварталы и промышленные зоны, для чего травяной покров многократно срезался бульдозерами в ходе земляных работ. В результате, рудеральная растительность (городские сорняки) – активно захватывала освобождающие территории.

В современной Москве сухие луговые участки в относительно хорошем состоянии и на больших площадях сохранились лишь на Крылатских холмах и в окрестностях Коломенского (правобережных склон Москвы-реки). Луга эти местами остепнены, преобладает ксерофильная растительность. Также фрагментарно суходольные луга встречаются на береговых склонах Сетуни, Раменок, Очаковки, Городни, Чертановки, Язвенки, Шмелевки, Кузнецовки, но по видовому богатству луговых трав и присутствию редких видов они проигрывают москворецкому склону. Фрагменты нарушенных суходольных лугов сохранились в междуречье Москвы и Яузы (пологий южный склон Клинско-Дмитровском возвышенности), а также присутствуют на склонах железнодорожных насыпей и выемок, склонах вдоль МКАД.

Пойменные луга начали уничтожаться позднее суходольных из-за весенних разливов рек (использовались под огороды). Но в XX веке сток Москвы-реки зарегулировали, а в некоторых местах пойма была засыпана

подсыпана и поднята на несколько метров. В настоящее время богатые видовым разнообразием пойменные луга находятся на искусственно созданных Строгинском и Щукинском полуостровах, а также в Коломенском.

По-прежнему заливаются луга вдоль некоторых маленьких речек. Богатые высокотравные луга расположены вдоль реки Серебрянки в Измайловском лесу.

Тему лугов Москвы требует некоторых уточнений. Обычно под лугами понимают сообщества мезофитных травянистых растений, произрастающих в условиях регулярного сенокошения или умеренного выпаса скота. В Москве существует аналог сенокошения – газонокошение, которое применяется именно на газонах, а не на городских лугах. Выпас скота также не характерен для города, а вытаптывание лугов осуществляется человеком и носит неравномерный характер, а сведен к формированию троп. Поэтому понятие «мало нарушенный луг» в городских условиях носит несколько иной характер и представляет собой участки с преобладанием местных луговых трав, которые не подвергаются вытаптыванию, заливанию мусором или другому уничтожению, а длительно существуют без вмешательства человека.

Луга Москвы уже не являются сенокосами или пастбищами, а носят другую важную функцию – поддержание разнообразия городской флоры и фауны. Наиболее хорошо сохраняется исходный видовой состав, увеличивается видовое разнообразие территорий болотных территорий. Здесь находят прибежище множество животных, а заносные и культурные растения мало характерны. Болотная растительность, в отличие от водной, всегда возвышается над водой, отличается гигрофильностью. Растительность низинных эфтрофных болот представлена тростником обыкновенным, камышом лесным, рогозом широколистным, различными видами осок и множеством других видов травянистых растений, а также некоторыми деревьями и кустарниками – черной и серой ольхой, ивами. Верховые олиготрофные болота флористически бедны и представлены ковром мха

сфагнума, а также низкими сосенками и березками. Мезотрофные болота представлены растениями, встречающимися в двух вышеописанных типах болот. В прошлом в междуречье Москвы и Яузы располагались многочисленные болота разных типов, но в настоящее время они полностью осушены, засыпаны и застроены. Сохранились небольшие низинные болотца на окраинах Москвы – на реках Сходня (в Тушинском Чаше), Химка, Чермянка. Наиболее богато болотами Заяузье – самая низкая восточная часть города, где сохранились крупные лесные массивы с разнообразными по своей природе болотами. В последние годы Москва вышла за пределы Московской кольцевой автодороги, и на ее новых участках есть также целый ряд примечательных верховых и переходных болот [69].

Раздел 4. Почвенный покров Москвы

Почвенному покрову Москвы и Московской области в свое время был посвящен подробный научно-популярный очерк А.А. Завалишина [35]. Автор отмечал, что по всем направлениям от Москвы господствуют светлоокрашенные почвы с белесоватым подзолистым горизонтом (лесные подзолистые и т.п. почвы), что объяснялось расположением Подмосковья в пределах лесной зоны. Встречаются также разнообразные болотные и аллювиально-луговые почвы. Все они были сформированы на пестрых по литологическому составу отложениях, но соотношение занимаемой ими площади и их положение на различных элементах рельефа с разных сторон от Москвы отличаются. Кроме того, подмосковные почвы в большой степени окультурены, что сгладило ряд почвенных отличий.

Городские почвы представляют собой сложное и быстро развивающееся природно-антропогенное образование [106]. Основные отличия городских почв от природных обусловлены интенсивным накоплением антропогенных отложений (культурного слоя) особого состава и сложения.

Раздел 5. Загрязнение тяжелыми металлами

Наиболее интенсивно техногенное воздействие наблюдается на территории крупных городов и промышленных центров, где развита промышленность, транспорт, есть теплоэлектростанции. Выброс в атмосферу большого количества различных веществ оказывает негативное воздействие не только на воздух города, но и на почвенный покров [32]. Почва – один из наиболее информативных показателей техногенного загрязнения городских территорий. Наблюдение за процессами накопления и распределения загрязняющих веществ (в частности тяжелых металлов) в почвенном профиле дает возможность оценить состояние почв, а также своевременно принять меры по устранению последствий негативных экологических процессов в городских почвах.

В качестве объекта исследования использовались почвы г. Москвы, состояние которых подробно описано в многочисленных работах [7, 17, 32, 57, 63, 83].

В городе Москве существует сеть мониторинга за состоянием почвенного покрова, которая сформирована с учетом территориального деления и функционального зонирования. Данная сеть включает в себя 1333 площадки постоянного мониторинга, из которых ежегодно обследуется порядка 200-300 площадок. В 2012 году было обследовано 247 площадок наблюдения за состоянием почвенного покрова. Ниже приведены результаты этих исследований по всем исследованным в данной работе тяжелым металлам, опубликованные в Докладе Департамента природопользования и охраны окружающей среду города Москвы о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2012 году.

Цинк. По данным мониторинга 2012 года [33] почвы Западного и Зеленоградского административных округов загрязнены цинком в наименьшей степени. Неблагополучная обстановка по загрязнению цинком сохраняется в Центральном административном округе. В целом по городу

концентрация металла в почвах варьировала в широких пределах – от 7 до 740 мг/кг. Средние валовые содержания цинка в почвах находились в пределах 100-130 мг/кг; самые низкие концентрации металла были отмечены на территории природных, национальных и дендропарков.

Медь. Наибольшее количество меди в 2012 году [33] отмечалось в почвах Центрального и Северо-Восточного административных округлв, здесь валовое содержание металла составляет 43-48 мг/кг. Преимущественно медь накапливалась в почвах скверов, бульваров и озелененных территорий (среднее содержание составило 50,6 мг/кг), в почвах остальных функциональных зон концентрации меди сопоставимы, вариабельность значений невелика (29-31 мг/кг).

Свинец. В 2012 году [33] являлся приоритетным загрязнителем почвенного покрова Москвы наряду с цинком и медью – его валовое содержание изменялось от 1,84до 474 мг/кг при среднем значении 32,3 мг/кг. Самые высокие средние концентрации были выявлены в Центральном (53,6 мг/кг), Северо-Восточном (43,6 мг/кг) и Юго-Восточном (39,2 мг/кг) административных округах. В промышленных зонах, скверах, бульварах и на озелененных территориях, а также на территориях с разноэтажной застройкой были зафиксированы максимальные значения свинца (36,4-46,8 мг/кг). В почвах остальных функциональных зон его содержание было в 1,5-2,4 раза ниже.

Никель. Содержание никеля в почвах Москвы изменяется от 3,3 до 102 мг/кг, среднее содержание составило 13мг/кг [33]. Самые высокие значения содержания свинца были зафиксированы на территории Юго-Восточного административного округа, лишь здесь было отмечено превышение нормативных значений. При общем невысоком уровне загрязнения почв никелем, большие концентрации этого металла были выявлены также Южном и Юго-Западном административных округах. Накопление металлов происходило преимущественно в почвах скверов, бульваров и озелененных территорий.

Кадмий. Среднее содержание этого тяжелого металла первого класса опасности составило в 2012 году 0,6 мг/кг [33]. Наиболее высокие концентрации кадмия были зафиксированы в почвах Юго-Восточного (1,2 мг/кг) и Центрального (1 мг/кг) административных округов. Аккумуляция кадмия происходит в основном на территориях, не вовлеченных в хозяйственную деятельность (0,74 мг/кг), а также в почвах скверов, бульваров и озелененных территорий (0,72 мг/кг).

Мышьяк. Среднее содержание мышьяка в городских почвах по данным мониторинга 2012 года составило 4,02 мг/кг [33]. Содержание этого элемента колебалось в пределах 1-24 мг/кг. Этот тяжелый металл преимущественно концентрировался в почвах скверов, бульваров, озелененных территорий и промышленных зон. Самые высокие значения содержания мышьяка были отмечены в Центральном административном округе. По данным почвенного мониторинга почв города Москвы 2012 года загрязнение мышьяком выраено слабо и не представляет опасности для окружающей среды.

Ртуть. Среднее содержание ртути в почвах Москвы составило 0,18 мг/кг в 2012 году [33]. Содержание этого элемента варьировало от 0,02 до 3,5 мг/кг. В Центральном административном округе были отмечены наиболее высокие (по сравнению с остальным округами Москвы) концентрации ртути – 0,4 мг/кг. Аккумуляция этого тяжелого металла происходила преимущественно в почвах скверов, бульваров и озелененных территорий. По данным почвенного мониторинга почв города Москвы загрязнение мышьяком выражено слабо и не представляет опасности для окружающей среды.

Раздел 6. Объекты исследования

В соответствии с гигиеническими нормативами (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 в настоящей диссертационной работе

производился на всей территории Москвы независимо от типа почвы, ее свойств, близости или удаленности от источников загрязнения. Единственная дифференциация значений ПДК и ОДК проводится на уровне гранулометрического состава, который фиксировался для каждого разреза.

На территории города Москвы образуются значительные массы техногенных веществ, поступающих в городскую среду (в частности в почву) с промышленными, транспортными и муниципальными выбросами, отходами и стоками. Чтобы проводимое исследование позволило получить более полное представление о различии между рассматриваемыми методиками оценки загрязнения почв с учетом большого разнообразия городских источников загрязнения – образцы отбирались в каждом административном округе города на территориях разного функционального назначения и использования. Среди мест отбора проб были общественные (ЮЗАО, ЮАО) и жилые территории (ЗАО, СВАО), территория промышленной зоны (ЮВАО), а также участки вблизи крупных магистралей (ЮВАО, ЗАО, ЦАО, СЗАО) и удаленные от них (ВАО, ЮАО) (рис. 1).

Названия почв и выделение почвенных горизонтов были проведены в соответствии с классификацией и диагностикой городских почв, разработанной М.Н. Строгановой с соавторами [19, 83, 85, 87].

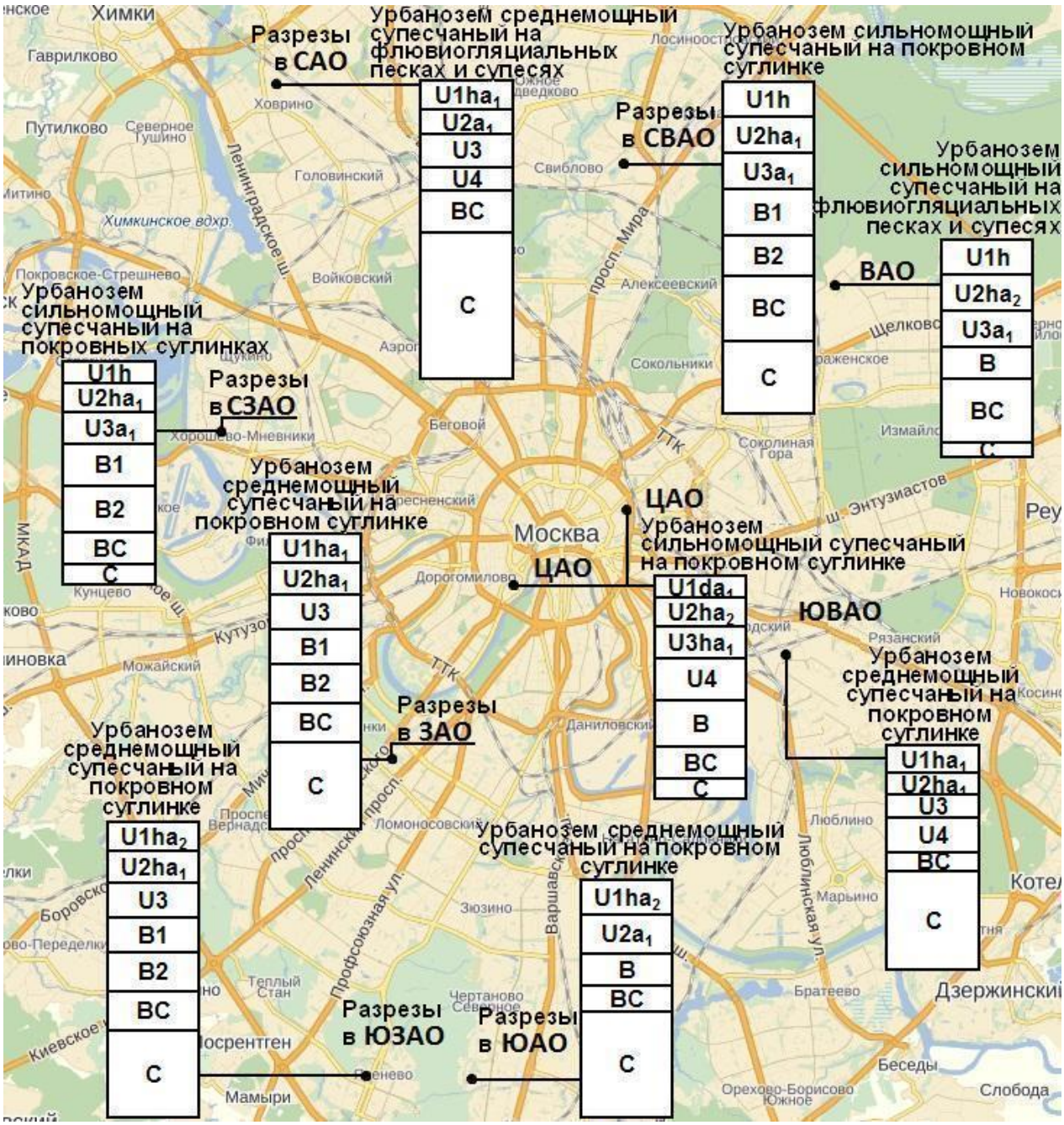

Рис. 1. Карта-схема расположения точек отбора проб

Центральный административный округ. Первой точкой отбора проб была территория строительства жилого здания с помещениями общественного назначения и подземной автостоянкой на территории предназначенной под строительство жилых зданий по адресу: 1-й Зачатьевский пер, д. 8/9. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в жилой функциональной зоне [68].

Разрез №1 (ЦАО1) – урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1da1 (0-8см) – U2ha2 (8-20см) – U3ha1 (20-41см) – U4 (41-69см) – B (69-100см) – BC (100-121см) – C (121-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №2 (ЦАО2) – урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1da1 (0-10см) – U2ha2 (10-22см) – U3ha1 (22-46см) – U4 (46-72см) – B (72-103см) – BC (103-133см) – C (133-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Второй точкой отбора проб в ЦАО была территория жилого дома, буквой П, внутри которого расположено малое торговое предприятие по адресу: ул. Земляной Вал, вблизи д. 20/50. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в многофункциональной общественной зоне [68].

Разрез №3 (ЦАО3) – урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1da1 (0-7см) – U2ha2 (10-19см) – U3ha1 (19-35см) – U4 (35-52см) – B (52-85см) – BC (85-106см) – C (106-180см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Юго-Западный административный округ. Отбор проб проводился на территории строительства торгово-досугового центра по Новоясеневскому проспекту, вблизи вл. 7. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в жилой функциональной зоне [68]. К западу от рассматриваемой территории на расстоянии около 1 км расположена граница промзоны № 62 «Теплый стан», основными предприятиями которой являются 18-й автобусный парк и Коньковский водопроводный регулирующий узел.

Разрез №4 (ЮЗАО1) – урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль

U1ha2 (0-20см) – U2ha1 (20-41см) – U3 (41-64см) – B1 (64-87см) – B2 (87-113 см) – BC (113-140 см) – C (140-200см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №5 (ЮЗАО2) – урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1ha1 (0-22см) – U2ha1 (22-44см) – U3 (44-67см) – B1 (67-90см) – B2 (90-118 см) – BC (118-141 см) – C (141-200см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Южный административный округ. Отбор проб проводился на территории, расположенной вблизи жилого дома по адресу: ул. Красного Маяка, вл. 17. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в жилой функциональной зоне [68].

Разрез №6 (ЮАО1) – урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1ha2 (0-24см) – U2a1 (24-50см) – B (50-71см) – BC (71-88 см) – C (88-160см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №7 (ЮАО2) – урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1ha1 (0-26см) – U2a1 (26-51см) – B (51-83см) – BC (83-97см) – C (97-180см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №8 (ЮАО3) – урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1ha1 (0-21см) – U2a1 (21-54см) – B (54-79см) – BC (79-95см) – C (95-150см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Юго-Восточный административный округ. Отбор проб проводился на территории промышленной зоны №56 «Грайвороново». В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в многофункциональной общественной зоне [68], расположенной по адресу: ул. Грайвороновская, вл.9. Почва исследуемого

участка находится под влиянием большого количества загрязняющих предприятий промзоны «Грайвороново» (основные предприятия: Карачаровский механический завод и Московский жировой комбинат), а также промзон №23 «Серп и молот» (основные предприятия: «Серп и Молот», ТЭЦ-11, «Компрессор», МСВЗ им. Войтовича), № 24 «Карачарово» (основное предприятие - «Станкоагрегат»), №25 «Волгоградский проспект» (основные предприятия: Московский шинный завод, ТЭЦ-8), №26 «Южный порт» (основные предприятия: АЗЛК, Южный порт, «Синтез», «Мосспецжелезобетон»).

Разрез №9 (ЮВАО1) – урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль U1ha1 (0-19см) – U2a1 (19-33см) – U3 (33-48см) – U4 (48-71см) – BC (71-83см) – C (83-150см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №10 (ЮВАО2) – урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль U1ha2 (0-20см) – U2a1 (20-37см) – U3 (37-52см) – U4 (52-77см) – BC (77-89см) – C (89-210см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №11 (ЮВАО3) – урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль U1ha2 (0-22см) – U2a1 (22-35см) – U3 (35-52см) – U4 (52-73см) – BC (73-87см) – C (87-150см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Восточный административный округ. Отбор проб проводился в жилом районе «Метрогородок» (2-й квартал) на территории строительства 17-этажного кирпично-монолитного жилого дома по адресу: Открытое шоссе, вл. 24. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в жилой функциональной зоне [68]. С запада, юга и востока данный микрорайон граничит с Промзоном №53

«Калошино»; с севера – с Открытым шоссе. На севере от рассматриваемой территории находится 1-й квартал «Метрогородка» и парк Лосиный остров.

Разрез №12 (ВАО1) – урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на флювиогляциальных песках и супесях. Профиль U1h (0-3см) – U2ha2 (3-27см) – U3a1 (27-51см) – B (51-72см) – BC (72-115см) – C (115-240см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №13 (ВАО2) – урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на флювиогляциальных песках и супесях. Профиль U1h (0-3см) – U2ha2 (3-29см) – U3a1 (29-50см) – B (50-69см) – BC (69-110см) – C (110-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Северо-Восточный административный округ. Отбор проб проводился на территории строительства многоэтажного жилого дома на месте ветхого пятиэтажного дома по адресу: Свиблово, мкр. 23, корп. 61. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в жилой функциональной зоне [68]. Район Свиблово характеризуется отсутствием крупных промышленных предприятий и наличием большого количества ветхого жилья.

Разрез №14 (СВАО1) – урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль: U1h (0-3см) – U2ha1 (3-33см) – U3a1 (33-50см) – B1 (50-81см) – B2 (81-107см) – BC (107-150см) – C (150-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №15 (СВАО2) – урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке. Профиль: U1h (0-4см) – U2ha2 (3-36см) – U3a1 (36-54см) – B1 (54-87см) – B2 (87-111см) – BC (111-152см) – C (152-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №16 (СВАО3) – урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль: U1h (0-4см) – U2ha1 (3-34см) – U3a1 (34-54см) – B1 (54-84см) – B2 (81-114см) – BC (114-153см) – C (153-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №17 (СВАО4) – урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль: U1h (0-3см) – U2ha1 (3-32см) – U3a1 (32-49см) – B1 (49-78см) – B2 (78-108см) – BC (108-151см) – C (151-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Северный административный округ. Отбор проб проводился в 19-ом микрорайоне Химки-Ховрино на территории строительства 17-тиэтажного жилого здания по адресу: ул. Дыбенко, вблизи вл. 26. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в жилой функциональной зоне [68]. К северо-западу от рассматриваемой территории расположен Химкинский лесопарк.

Разрез №18 (САО1) – урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на флювиогляциальных песках и супесях. Профиль: U1ha1 (0-20см) – U2a1 (20-36см) – U3 (36-58см) – U4 (58-73см) – BC (73-101см) – C (101-200см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №19 (САО2) – урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на флювиогляциальных песках и супесях. Профиль: U1ha1 (0-22см) – U2a1 (22-39см) – U3 (39-62см) – U4 (62-76см) – BC (76-104см) – C (104-200см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Северо-Западный административный округ. Отбор проб проводился в 82-ом микрорайоне Хорошево-Мневники на территории ветхого жилья, подлежащего сносу по адресу: ул. Генерала Глаголева, д. 7. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый

участок расположен в жилой функциональной зоне [68]. Территория находится в окружении жилых кварталов; к северу от рассматриваемой территории на расстоянии 1 км находится промзона №41 «Октябрьское поле» с основным предприятием Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Разрез №20 (СЗАО1) – урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль: U1h (0-3см) – U2ha1 (3-21см) – U3a1 (21-52см) – B1 (52-72см) – B2 (72-97см) – BC (97-138см) – C (138-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Разрез №21 (СЗАО2) – урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль: U1h (0-3см) – U2ha1 (3-18см) – U3a1 (28-53см) – B1 (53-76см) – B2 (76-99см) – BC (99-133см) – C (133-300см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Западный административный округ. Отбор проб проводился в районе Раменки на территории строящегося многоэтажного жилого здания по адресу: проспект Вернадского, вблизи д.6В. В соответствии с картой территориального планирования города Москвы исследуемый участок расположен в многофункциональной общественной зоне (приложение к Закону города Москвы от 5 мая 2010 года №17 «О генеральном плане города Москвы». Книга 2.).

Разрез №22 (ЗАО1) – урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке. Профиль: U1ha1 (0-22см) – U2ha1 (22-41см) – U3 (41-64см) – B1 (64-88см) – B2 (88-113см) – BC (113-140см) – C (140-200см). Подробное описание разреза приведено в приложении.

Раздел 7. Методы исследования

Наиболее распространенными методами определения тяжелых металлов является метод атомно-адсорбционного анализа с пламенным или электротермическим способом атомизации пробы (РД 52.18.191-89, М-МВИ-80-2008, ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-02) [52, 65, 72]. Наиболее распространенный метод определения мышьяка - атомно-адсорбционная спектрометрия с предварительной генерацией гидридов (ПНД Ф 13.1:2.2:3.17-98) [64]. Определение содержания ртути проводится в соответствии с «Методикой выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С» (ПНД Ф 16.1:2.23-2000, М 03-05-2005) [49, 66].

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 [25].

Определение массовой доли кислоторастворимых форм кадмия, свинца, никеля, меди, цинка и мышьяка в объединенных пробах проводилось атомно-адсорбционным методом с пламенной атомизацией проб в лаборатории ООО «НИ и ПИ Экологии города». Метод основан на измерении резонансного поглощения света свободными атомами определяемого элемента (кадмия, свинца, никеля, меди, цинка) при прохождении света через атомный пар, образующийся при распылении минерализата исследуемой пробы в пламени прибора.

Определение мышьяка основано на предварительном выделении гидридов мышьяка из минерализата пробы и измерении резонансного поглощения света атомами мышьяка при прохождении света через атомный пар, образующийся в процессе термической диссоциации гидридов мышьяка в кварцевом атомизаторе.

Исследования проводили на атомно-абсорбционном спектрометре «КВАНТ-2А» и ртутно-гидридной приставке ГРГ-107 производства фирмы «Кортэк», в качестве источника света использовались лампы полого катода (ЛПК). Процесс разложения проб почвы в микроволновой системе «MARS Xprees» (США) осуществлялся в автоматическом режиме с постоянным контролем температуры.

Для градуировки спектрометра использовались ГСО растворов металлов и мышьяка 1 мг/мл.

Предварительная подготовка проб традиционная и состояла в высушивании почв/грунтов до воздушно-сухого состояния на слое бумаги. После тщательного перемешивания пробу распределяли равномерным слоем и отбирали методом квартования необходимое для анализа количество образца. Затем образцы измельчали в фарфоровой ступке и просеивали через сито d-1мм.

Навеску в размере 2 г количественно переносили в автоклав для минерализации. Смачивали пробу 2 см^3 бидистиллированной воды, затем приливали 10 см^3 10 М HNO_3 и 3 см^3 перекиси водорода. Оставляли пробы на 15 мин для предварительного кислотного разложения. Затем автоклавы устанавливали в СВЧ печь и, выбрав соответствующую количеству проб программу, подвергали их минерализации.

После завершения программы автоклавы охлаждались, пробы отфильтровывали в цилиндр (мерную колбу на 50см^3) через фильтр с белой лентой, многократно ополаскивая автоклав и фильтр бидистиллированной водой, и доводили объем фильтрата до объема 50 см3 . В этом растворе определяли кадмий, свинец, никель, медь, цинк.

В отдельный пластиковый флакон с крышкой отбирали 10 $см^3$ полученного минерализата, добавляли 10 $см^3$ фонового раствора, содержащего мочевину, азотную и лимонную кислоты. В этом растворе определяли мышьяк.

Определение содержания проводилось ртути методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе ртути РА 915М/915+ с термическим разложением пробы в приставке РП 91с (атомизация ртути). Метод не требует предварительной пробоподготовки и позволяет проводить прямое определение содержания ртути от 5 мкг/кг.

На тех же глубинах, на которых проводился отбор проб, отбирались образцы для определения плотности сложения почв традиционным буровым методом [96].

Для многократно регламентированных в ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, МУ 2.1.7.730-99, СанПиН 2.1.7.1287-03 [25, 26, 77] процедур отбора проб при санитарно-эпидемиологической и гигиенической оценках почв населенных мест можно найти противоречивые значения характерных глубин взятия образцов от 5 (10) до 20 см. В законе “О городских почвах” №31 [36], 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 [81]. 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 (ρbC) и глубины почвы (h) по формуле:

$$ЗВ = \int_0^H (\rho_b C) dh$$

Полученные данные запасов тяжелых металлов были сопоставлены с нормативами качества почвенных ресурсов г. Москвы [81], которые рассчитаны на основе общепринятых ПДК и ОДК (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06, СанПиН 2.1.7.1287-03) [20, 21, 77] в единицах измерения г/м^2.

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 применены логические функции, оперирующие неравенствами [81]:

ЗВ (50 см) < ½ ЗВ (100 см) => глубокопрофильное загрязнение;

ЗВ (30 см) < ½ ЗВ (50 см) => профильное загрязнение;

ЗВ (10 см) < ½ ЗВ (30 см) => 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 [81]. Для пересчета авторами была использована средняя плотность *(ρ)* минеральных почв в метровой тоще *(h)* – 1,5 г/см^3 (или 1500 кг/м^3):

ПДК(мг/кг) * ρ (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. 6).

Таблица 6.

Условно-нормативные величины запаса тяжелых металлов ($ПДК_{г/м^2}$)

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

Градации (степень загрязнения):	пески, супеси	легкие, средние суглинки	тяжелые суглинки, глины, перегной, торф
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
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

Используемая в работе методика экологической оценки осуществляется в полном соответствии с принятыми нормативами федерального уровня и вместе с тем отражает специфику структурной организации почв как гетерогенных пространственно распределенных объектов, а также учитывает опыт зарубежных стран, где система нормативов учитывает свойства самой почвы [132].

ГЛАВА 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Раздел 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 разрез № 19 (САО2), где запас цинка не превысил норму. Сильнее всех цинком были загрязнены почвенные образцы в разрезах ЮВАО, ЦАО и СВАО. Во всех разрезах ЗАО и ЮВАО наблюдалось глубокопрофильное загрязнение цинком. Все почвы, загрязненные цинком, имели глубокопрофильное загрязнение, исключение составили почвы разрезов № 2, 3 в ЦАО (ЦАО2, ЦАО3).

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

Свинец. Загрязнение свинцом в почвах ЮВАО было глубокопрофильным во всех разрезах. Все почвы, загрязненные свинцом, имеют глубокопрофильное загрязнение, исключение составил один образец из ЦАО (разрез №2).

Медь. Медью были загрязнены почвы в ЮВАО; здесь были отмечены средние глубокопрофильные загрязнения во всех почвенных разрезах. Также слабые уровни загрязнения были обнаружены в разрезе № 12 Восточного округа (ВАО1) и разрезе №15 Северо-Восточного округов (СВАО1).

Кадмий. Кадмием и никелем выше нормы была загрязнена лишь почва разреза № 10 Юго-Восточного округа (ЮВАО2).

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

Таким образом, самыми загрязненными в проведенном исследовании оказались почвы Юго-Восточного и Восточного административных округов. Это предположительно связано с близостью расположения основной части промышленных зон в ЮВАО и большой промзоны № 53 «Калошино» в ВАО. Самыми же чистыми были образцы Северного административного округа. Это подтверждается и исследованиями Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды [33].

Раздел 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) (рис. 2-4).

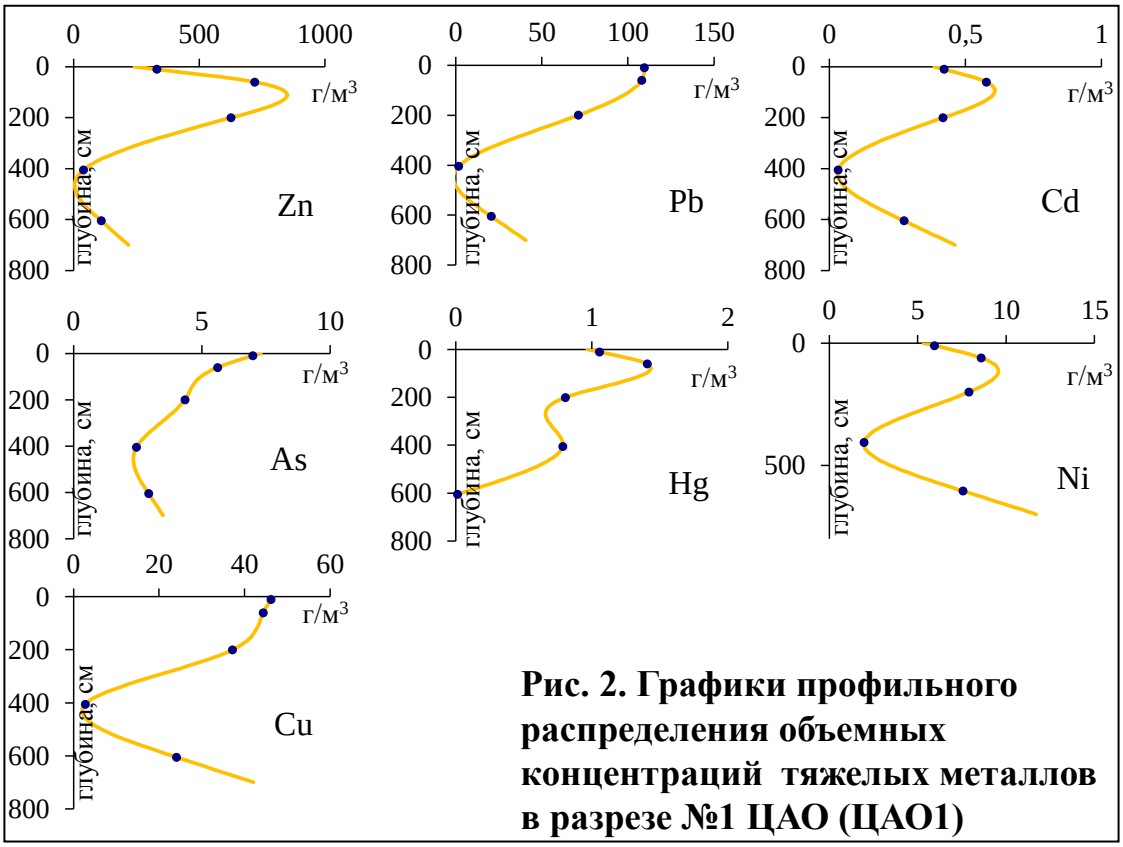

Рис. 2. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №1 ЦАО (ЦАО1)

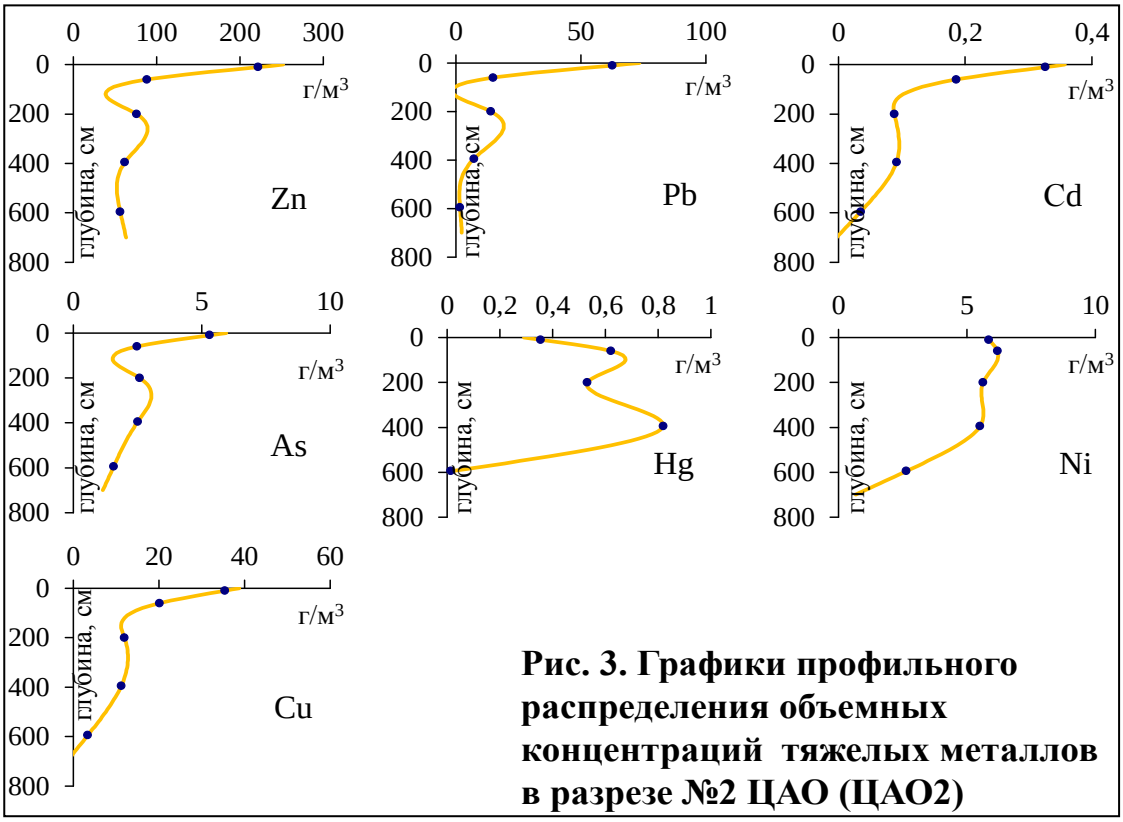

Рис. 3. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №2 ЦАО (ЦАО2)

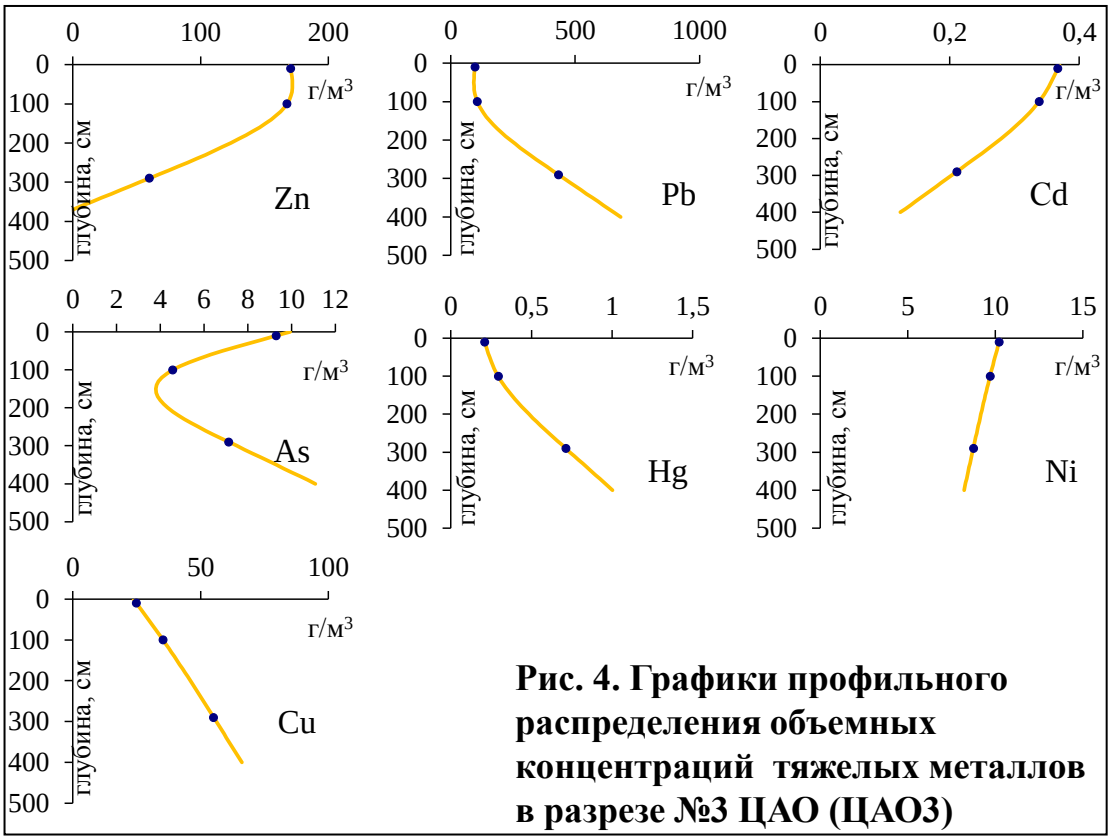

Рис. 4. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №3 ЦАО (ЦАО3)

Основные источники загрязнения почв разрезов центрального административного округа являются крупные транспортные развязки и магистрали, влияние которых распространяется и на расположенные здесь жилые кварталы. Аномально высокие концентрации свинца, кроме того, могут носить унаследованный характер и сохраняться в местах расположения бывших типографий и предприятий в настоящее время уже ликвидированных. Кроме того, в соответствии с [33] в центральном округе отмечается более высокое содержание ртути, что объясняется не современной промышленной деятельностью, а сформировалось в процессе хозяйственного длительного использования центральной части города. Высокие содержания меди в третьем разрезе, по-видимому, связано со старыми захоронениями производственных и бытовых отходов.

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) (рис. 5, 6).

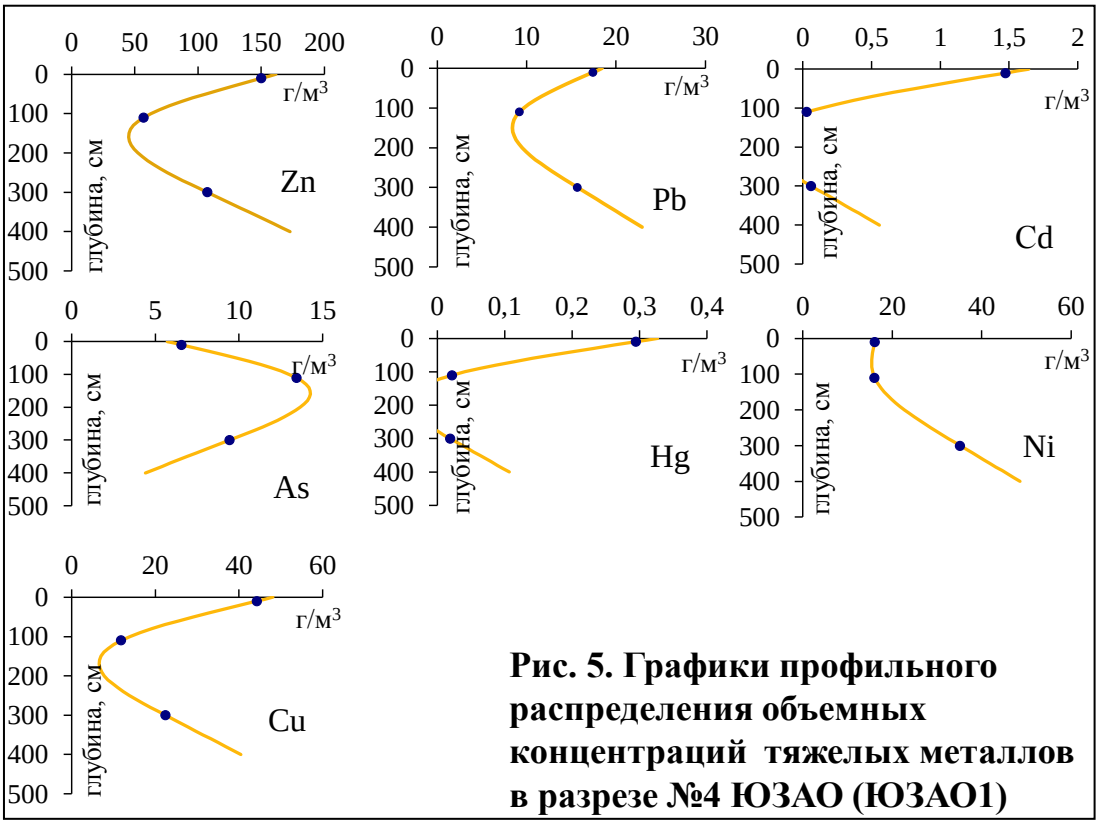

Рис. 5. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №4 ЮЗАО (ЮЗАО1)

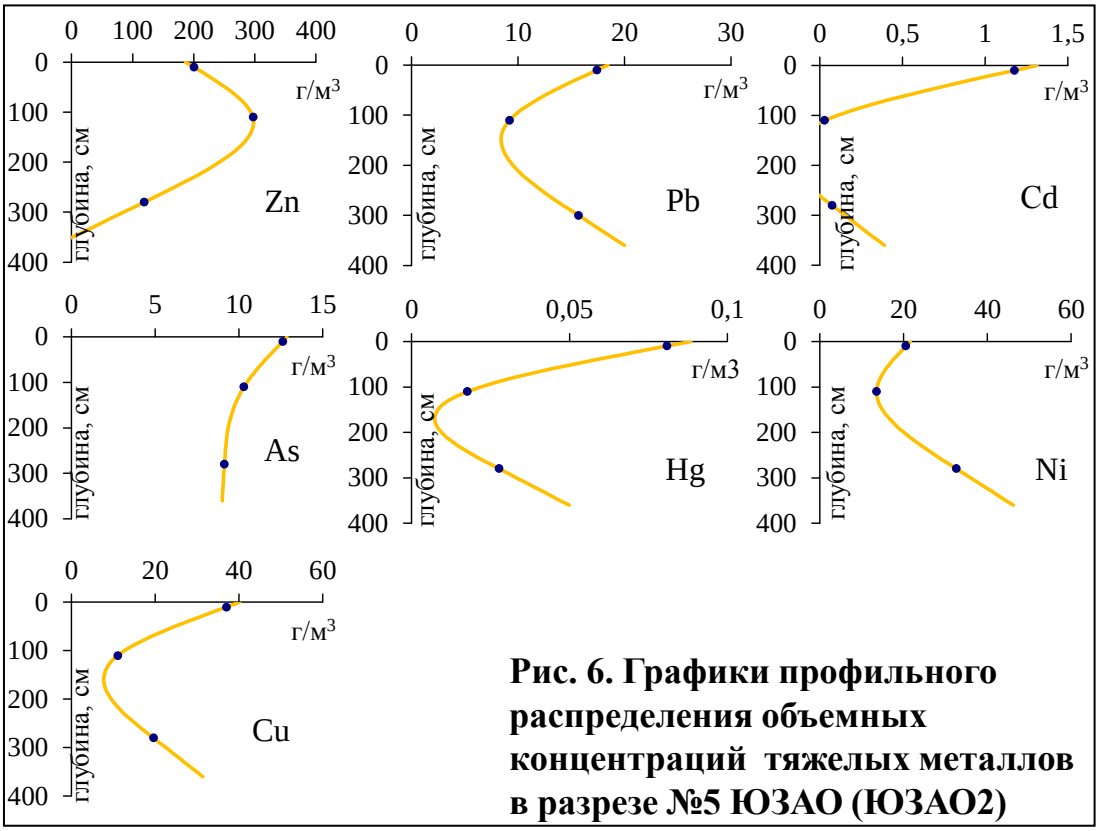

Рис. 6. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №5 ЮЗАО (ЮЗАО2)

Высокое загрязнение почв цинком связано с резко возросшей интенсивностью движения автотранспорта на территории города. Высокое содержание мышьяка с поверхности вероятнее всего связано с расположенным на прилегающей территории 18-го автобусного парка в промзоне №62 «Теплый стан».

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 (рис. 7-9).

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.

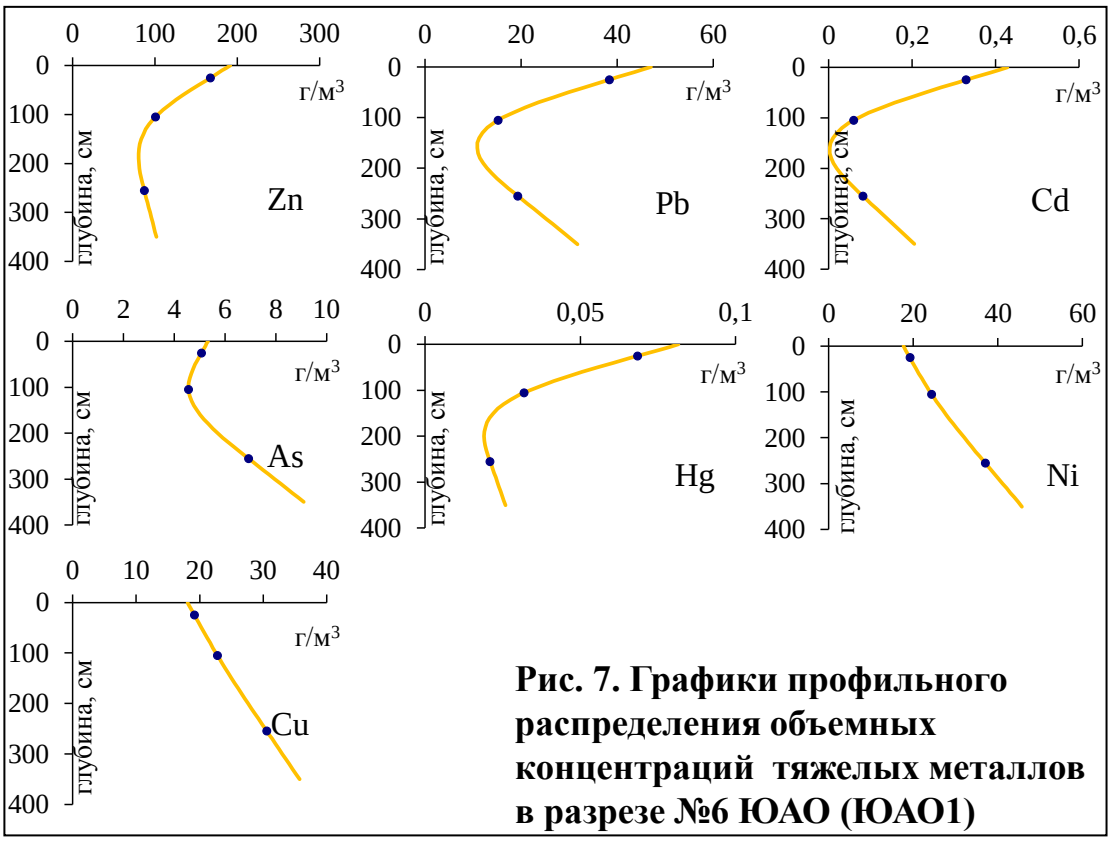

Рис. 7. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №6 ЮАО (ЮАО1)

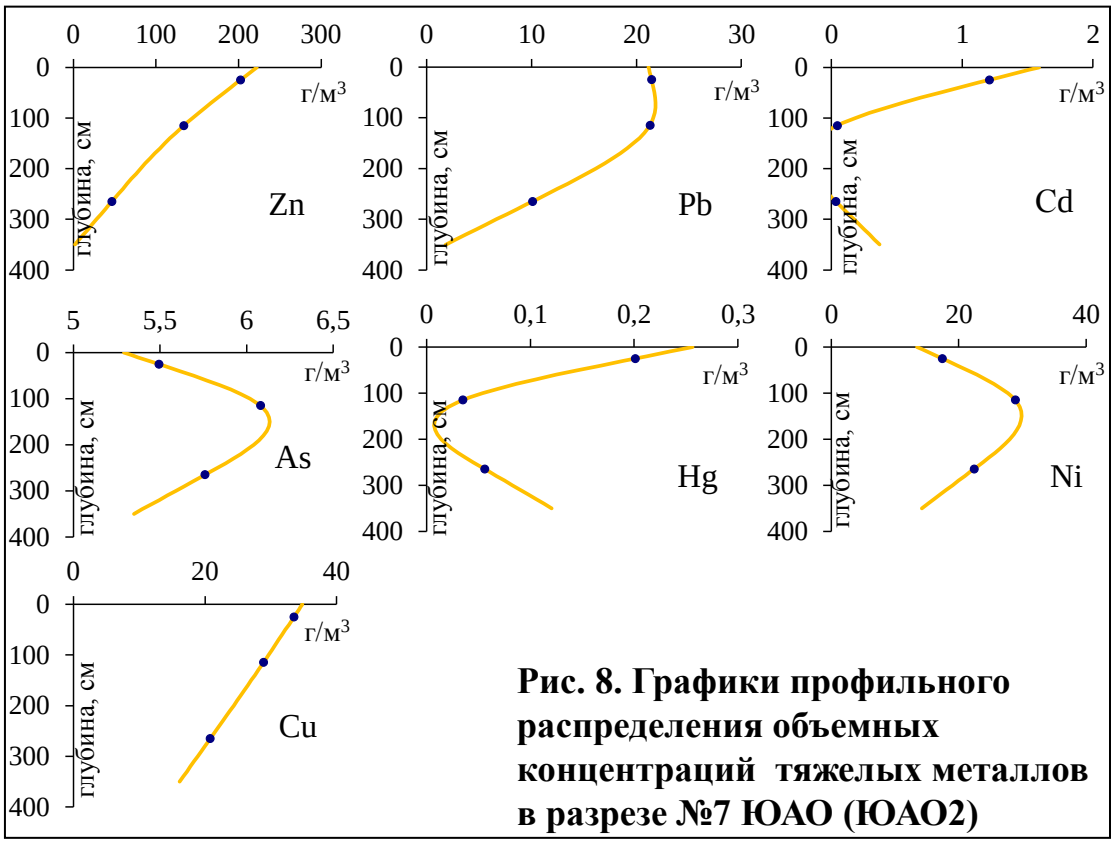

Рис. 8. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №7 ЮАО (ЮАО2)

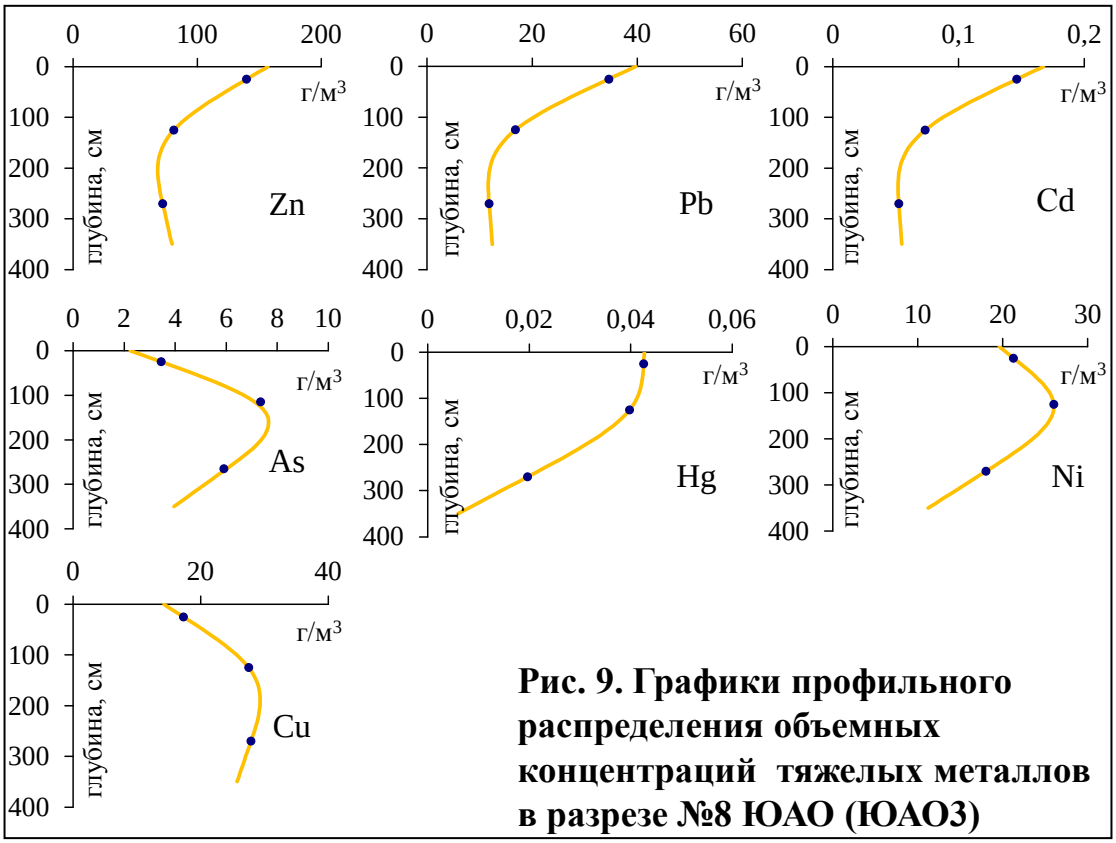

Рис. 9. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №8 ЮАО (ЮАО3)

Высокие содержания цинка в почвах южного округа связаны с резко возросшей интенсивностью движения автотранспорта на территории города.

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 (рис. 10-12), что связано с профилем предприятия, на территории которого проводился отбор проб.

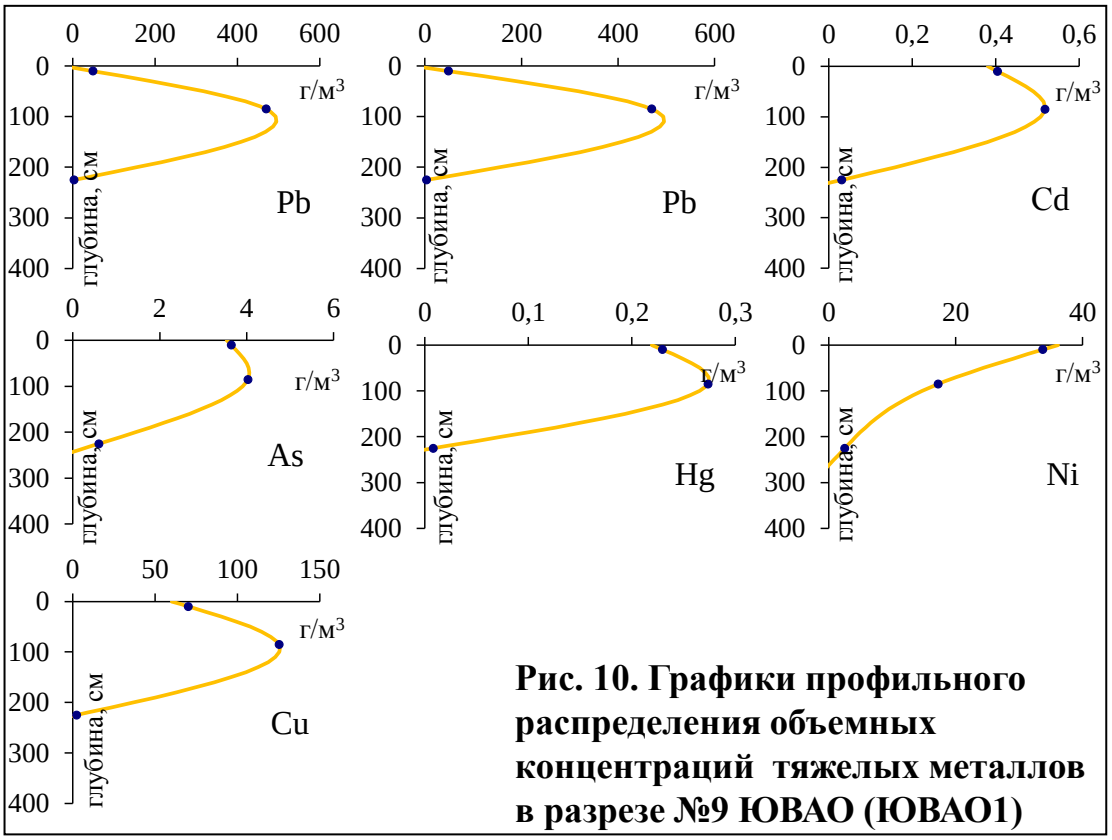

Рис. 10. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №9 ЮВАО (ЮВАО1)

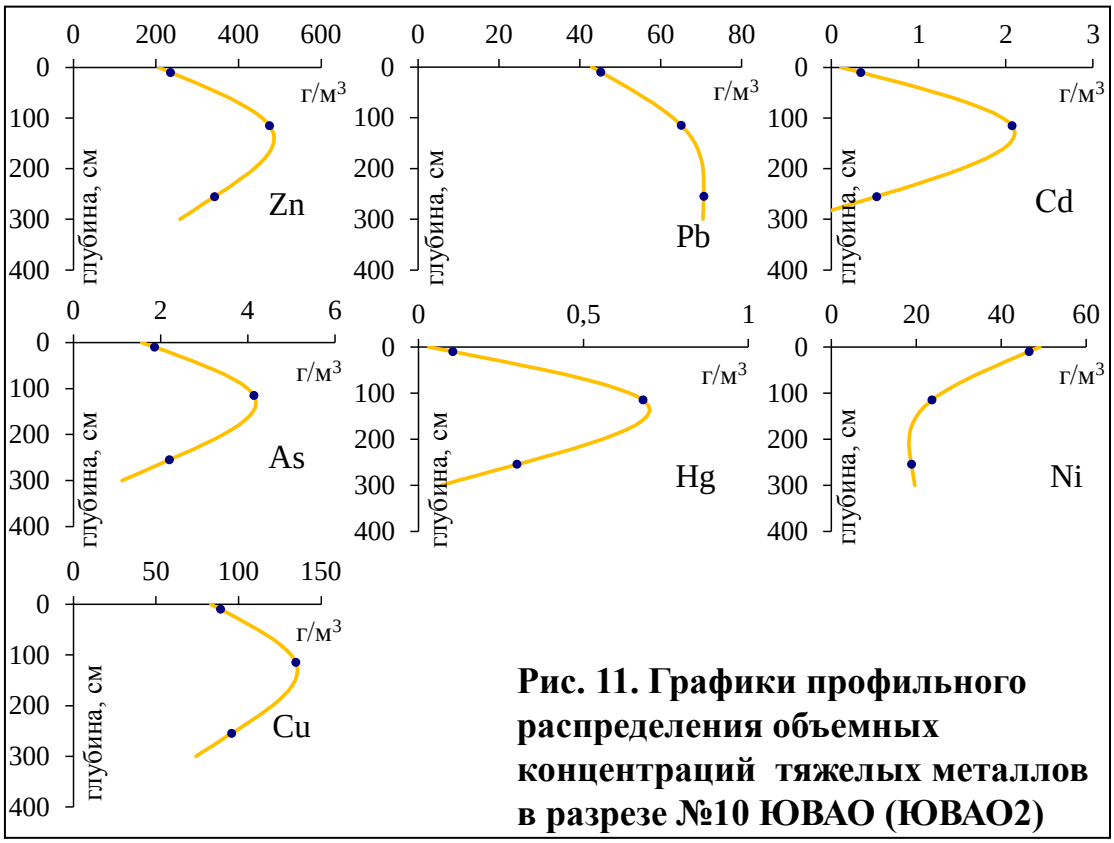

Рис. 11. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №10 ЮВАО (ЮВАО2)

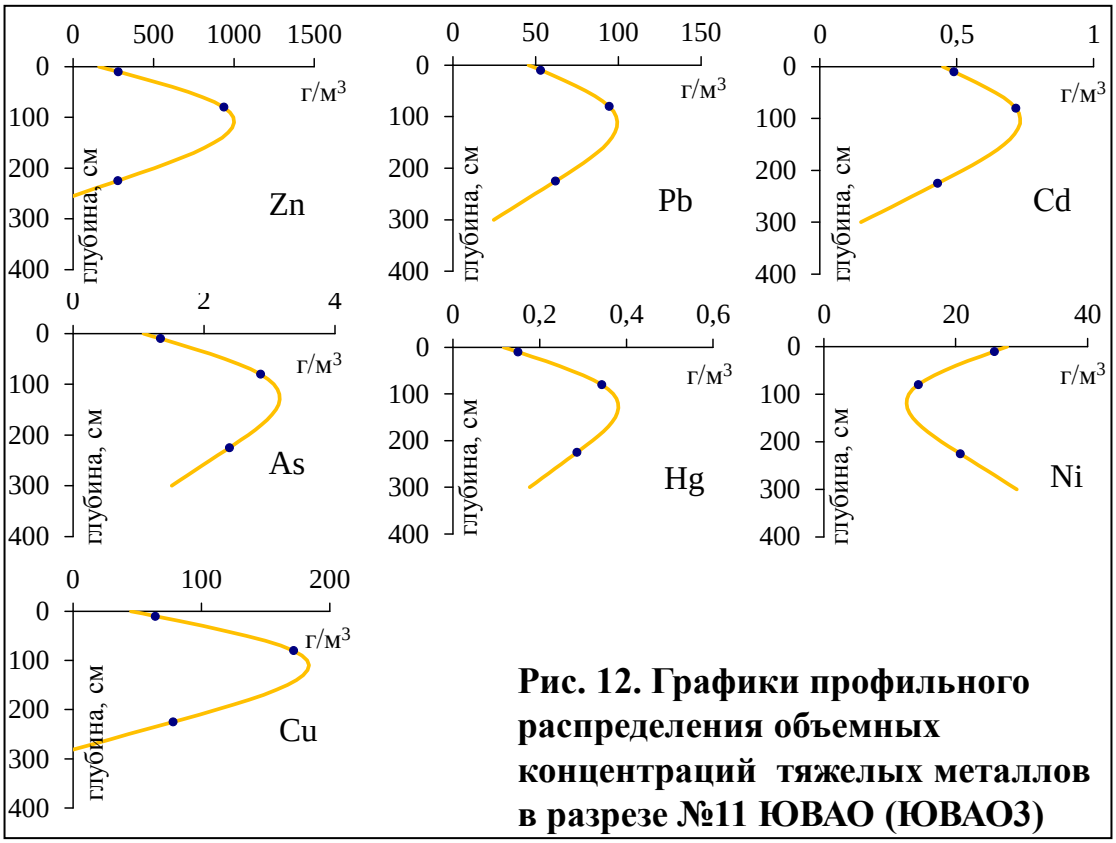

Рис. 12. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №11 ЮВАО (ЮВАО3)

Высокое содержание тяжелых металлов в почвенных разрезах юго-восточного округа связано с расположением точек отбора проб в промзоне №56 «Грайвороново», а также близостью большого количества крупных промзон (№23 «Серт и молот», №24 «Карачарово», №25 «Волгоградский проспект», №26 «Южный порт»). Прогрессивно-элювиальный тип графика большинства тяжелых металлов связан со сменой профиля предприятия, расположенного на территории отбора проб, сопровождающейся заменой поверхностного слоя почвы на более чистый привозной грунт.

Разрезы Восточного административного округа. Максимумы объемных концентраций свинца, кадмия и ртути в разрезах ВАО сосредоточены у поверхности почвы во всех разрезах (рис. 13, 14).

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.

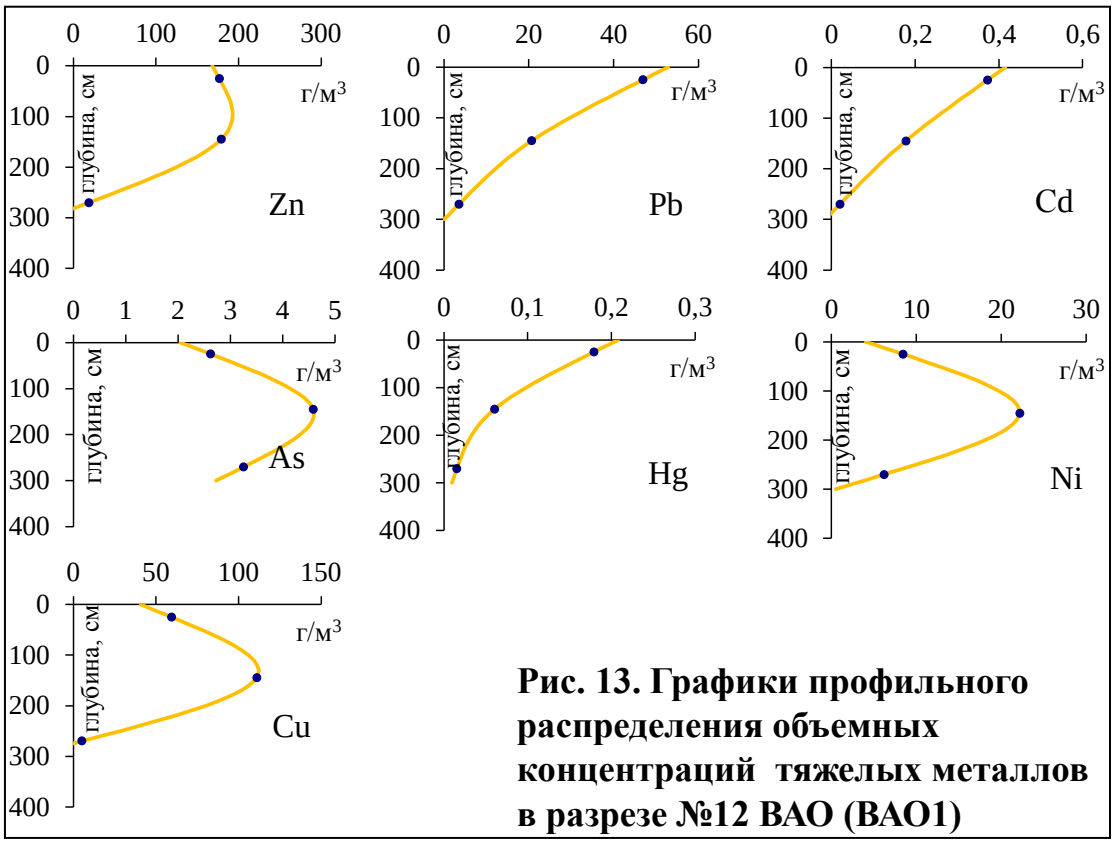

Рис. 13. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №12 ВАО (ВАО1)

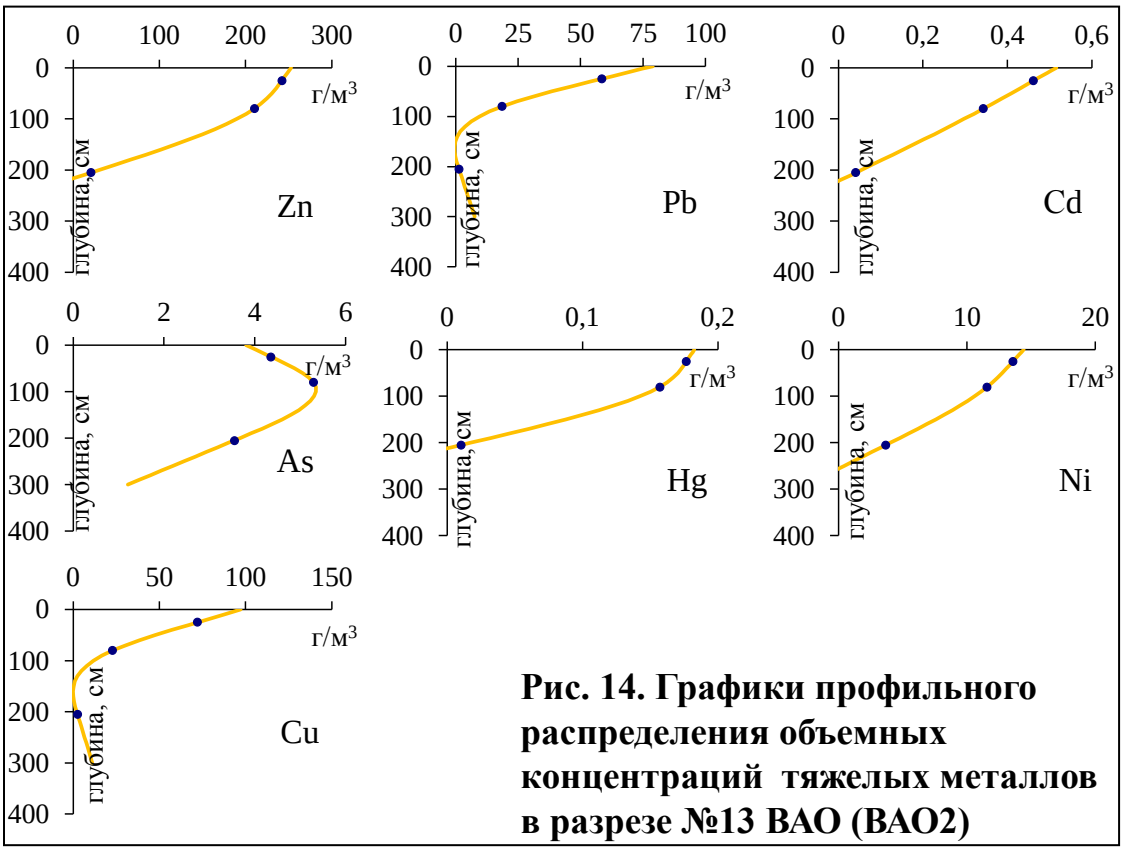

Рис. 14. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №13 ВАО (ВАО2)

Аналогично другим округам, высокие содержания цинка в почвах восточного округа связаны с резко возросшей интенсивностью движения автотранспорта на территории города.

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) (рис. 15-18). 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.

Аналогично другим округам, высокие содержания цинка и свинца в почвах связаны с резко возросшей интенсивностью движения автотранспорта на территории города.

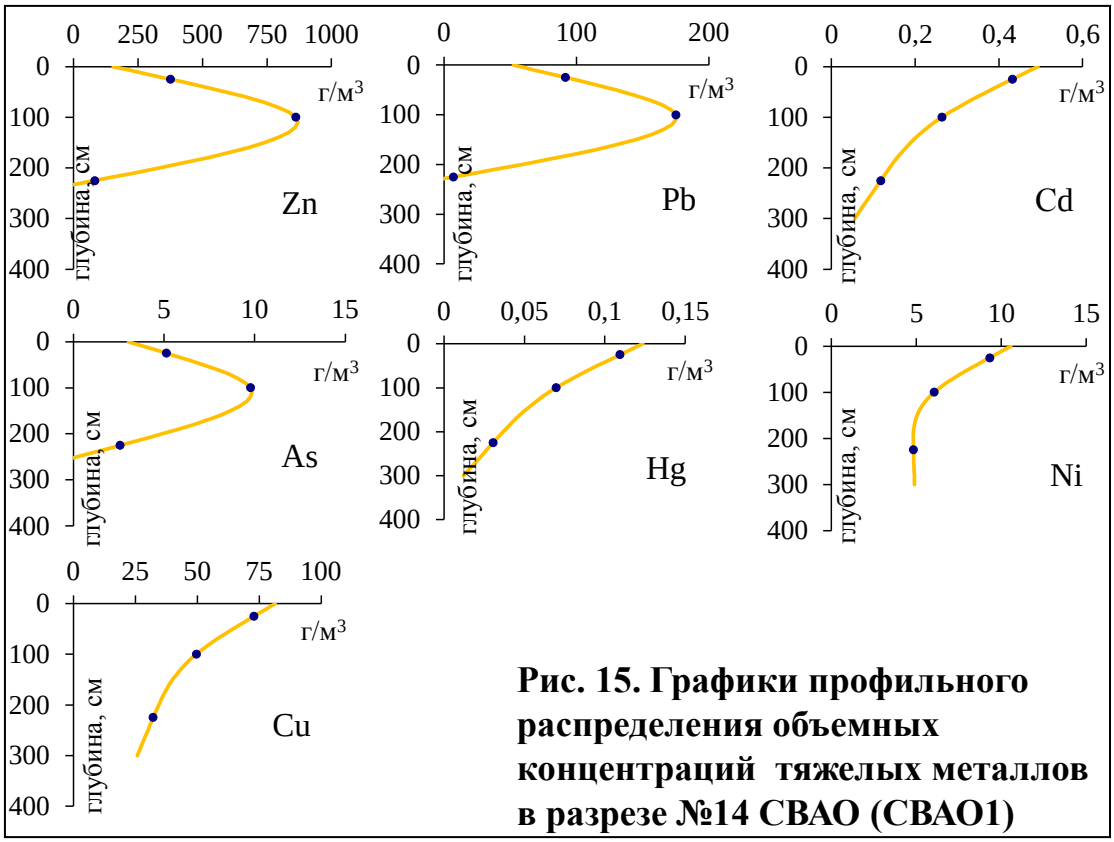

Рис. 15. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №14 СВАО (СВАО1)

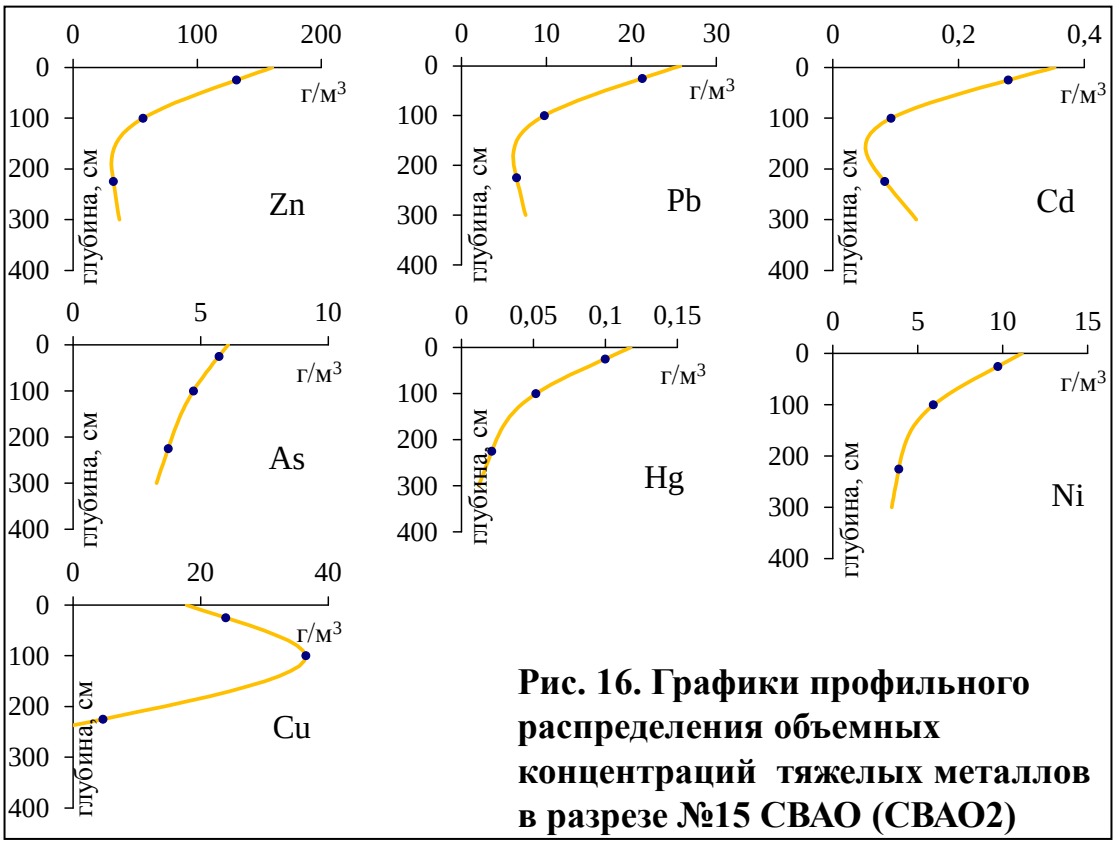

Рис. 16. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №15 СВАО (СВАО2)

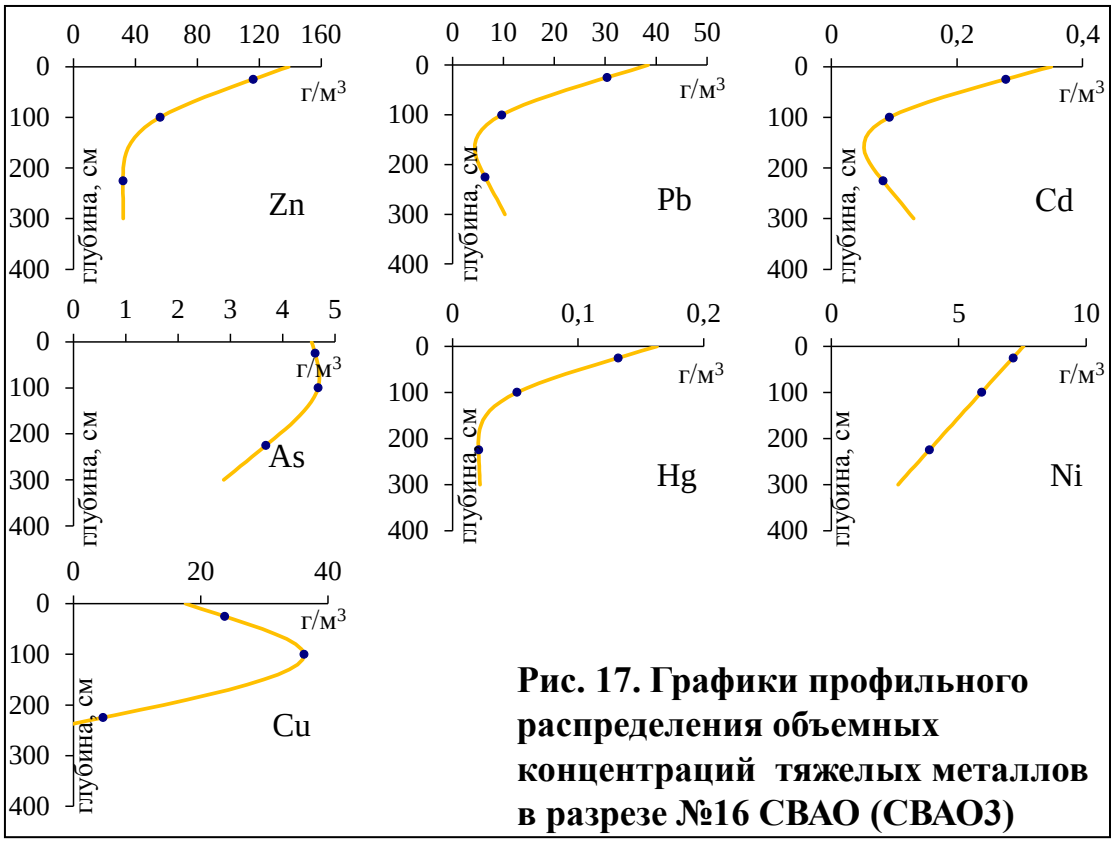

Рис. 17. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №16 СВАО (СВАО3)

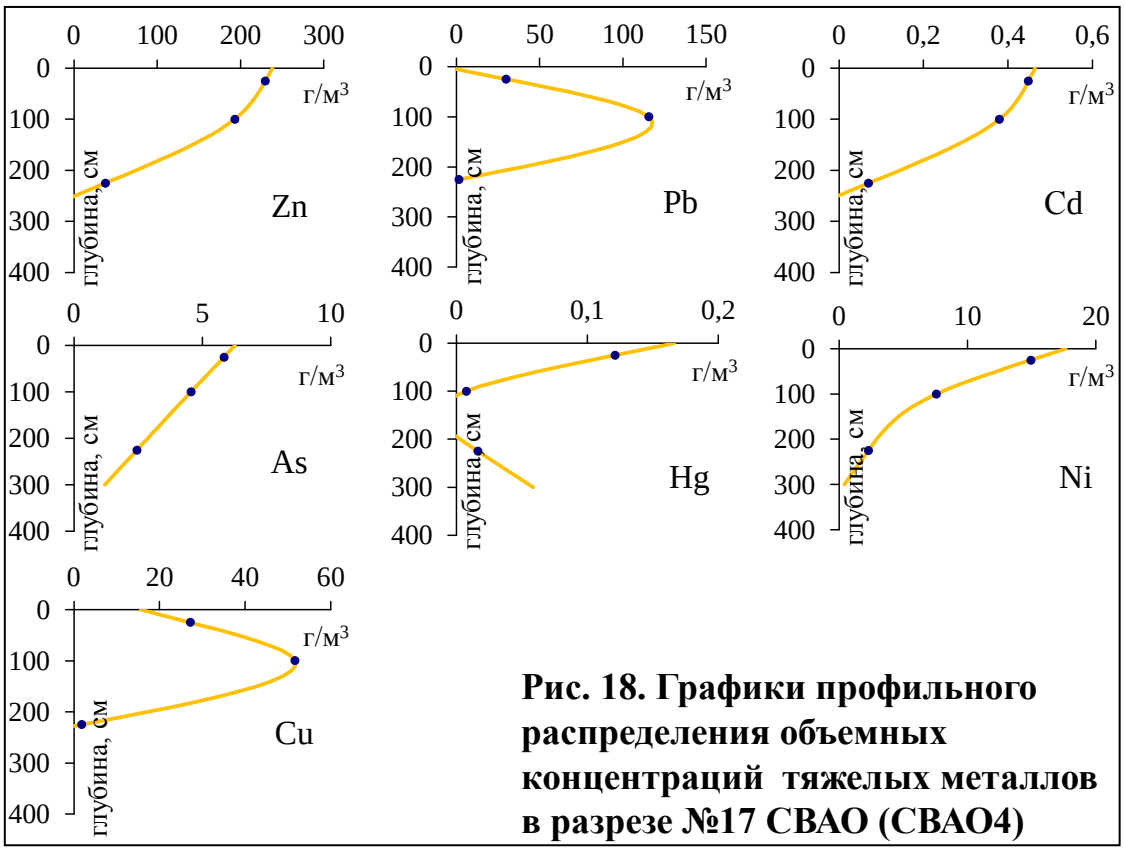

Рис. 18. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №17 СВАО (СВАО4)

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 (рис. 19). Объемные концентрации меди были распределены более или мене равномерно в метровой толще.

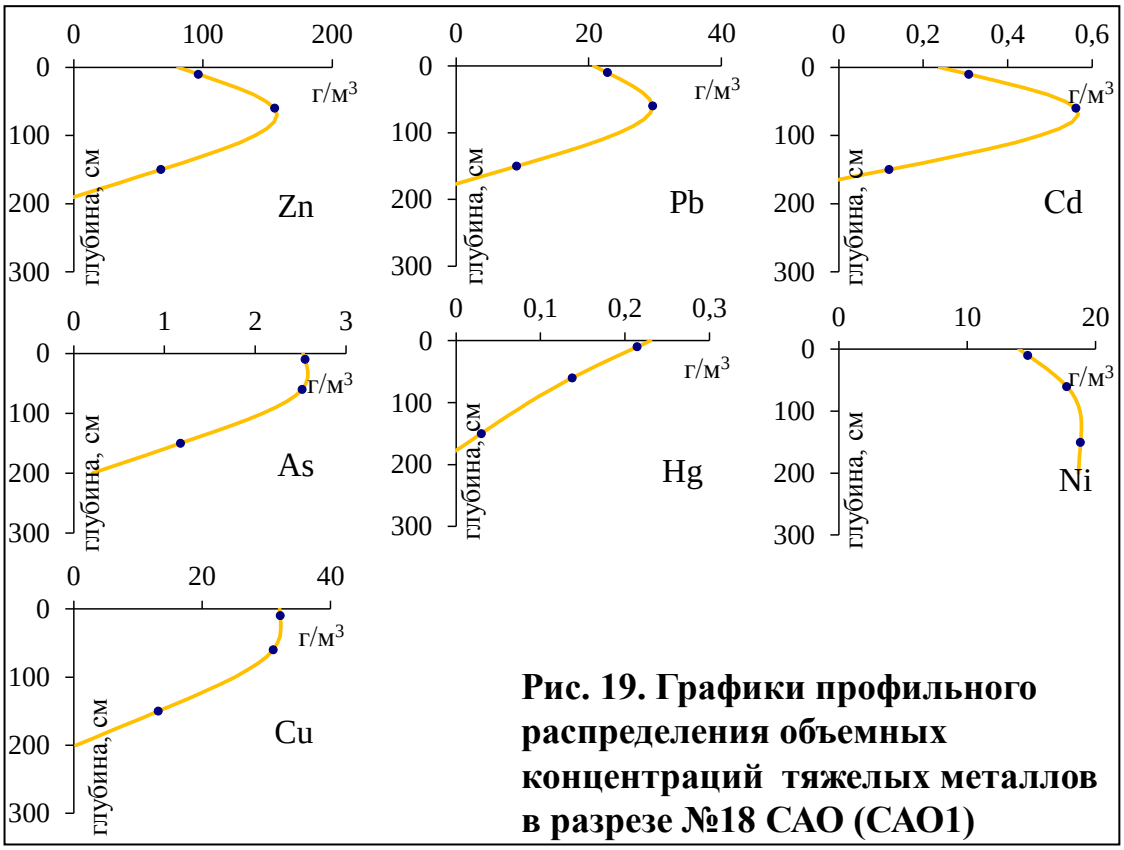

Рис. 19. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №18 САО (САО1)

Все тяжелые металлы в профиле разреза САО2 накоплены ближе к поверхности почвы (рис. 20).

Благоприятным экологическим фактором места отбора проб является отсутствие близкорасположенным промышленных предприятий и наличие к северо-западу от исследуемой территории Химкинского лесопарка.

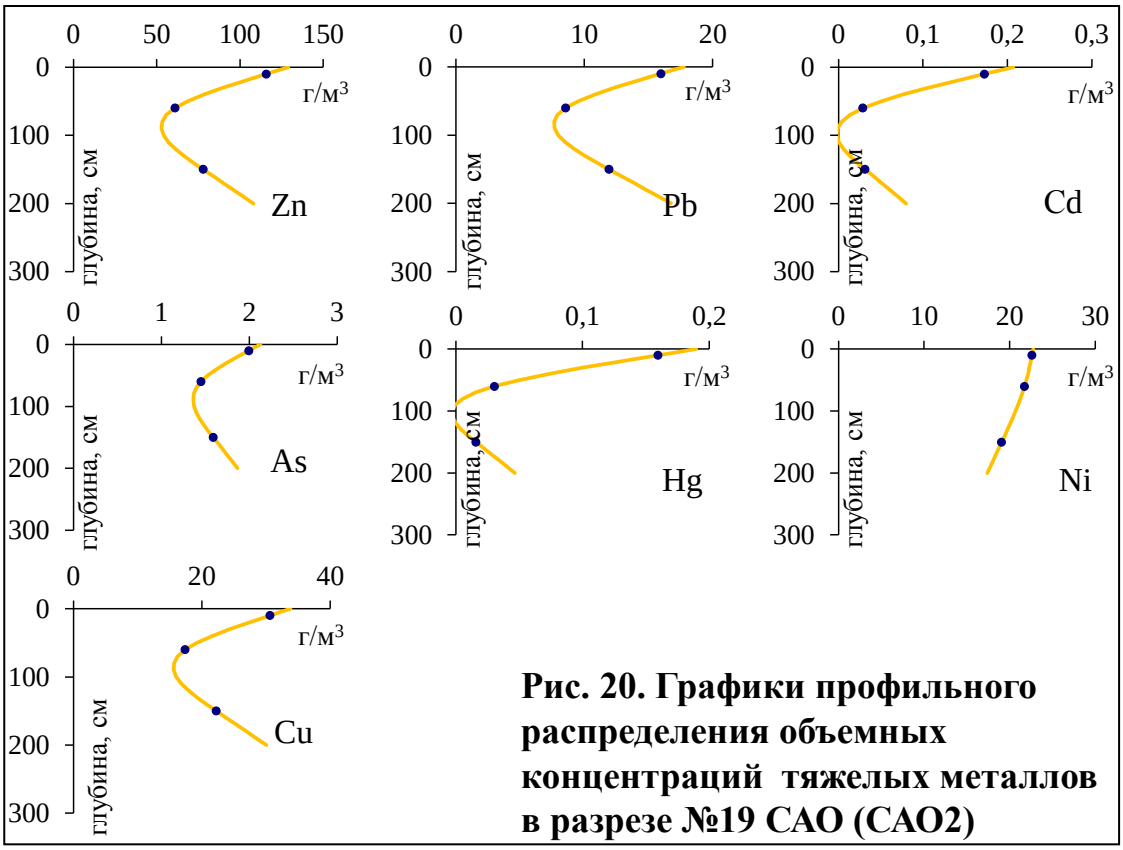

Рис. 20. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №19 САО (САО2)

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 (рис. 21, 22).

Основным источником загрязнения почв на исследуемой территории, помимо автотранспортного потока, является Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», расположенный на территории промзоны № 41 «Октябрьское поле» на расстоянии 1 км на севере от рассматриваемого участка.

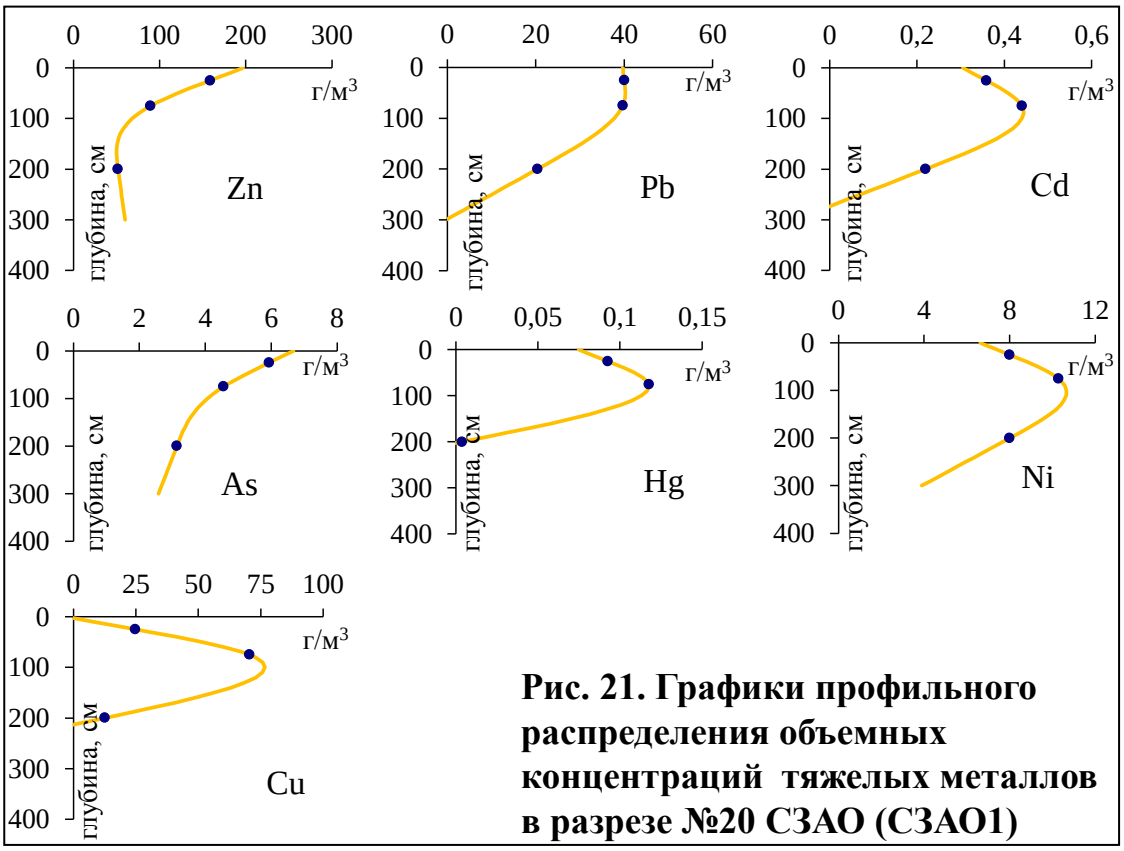

Рис. 21. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №20 СЗАО (СЗАО1)

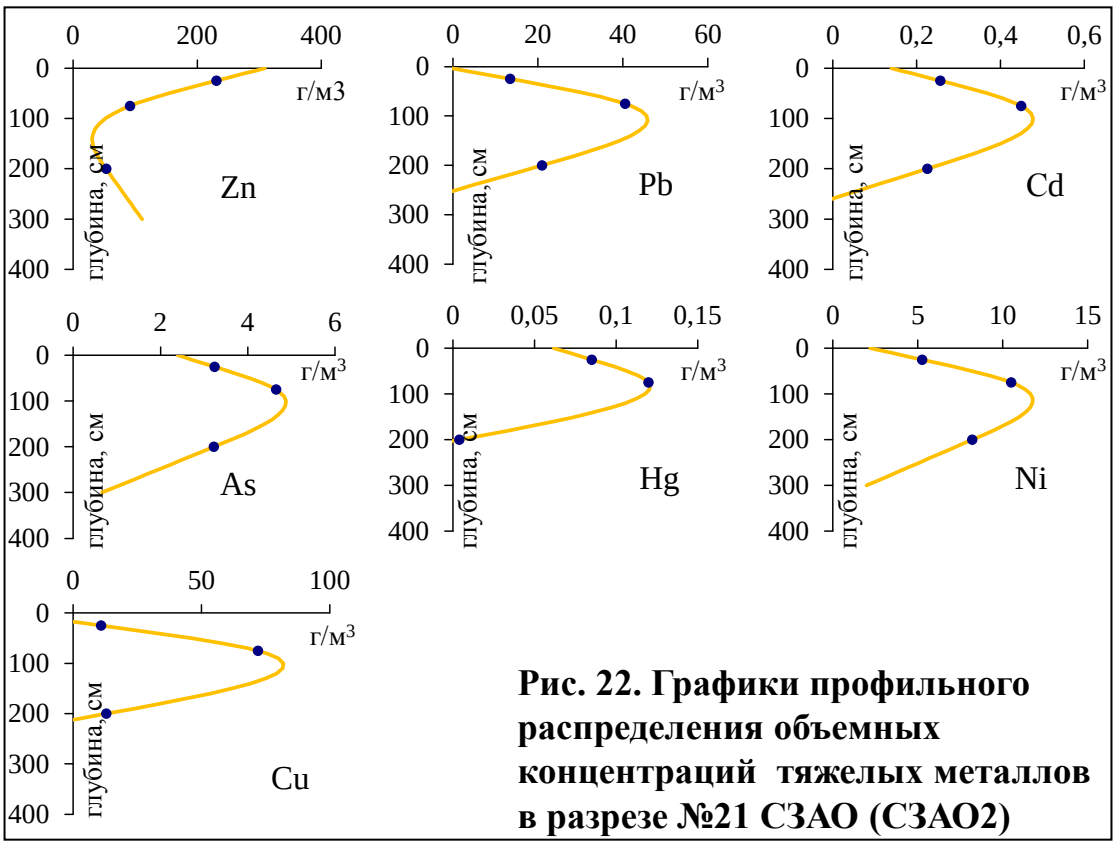

Рис. 22. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №21 СЗАО (СЗАО2)

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) (рис. 23).

Высокое загрязнение почв цинком и свинцом во всех округах связано с резко возросшей интенсивностью движения автотранспорта на территории города, и продолжающимся использованием бензина с добавками свинца.

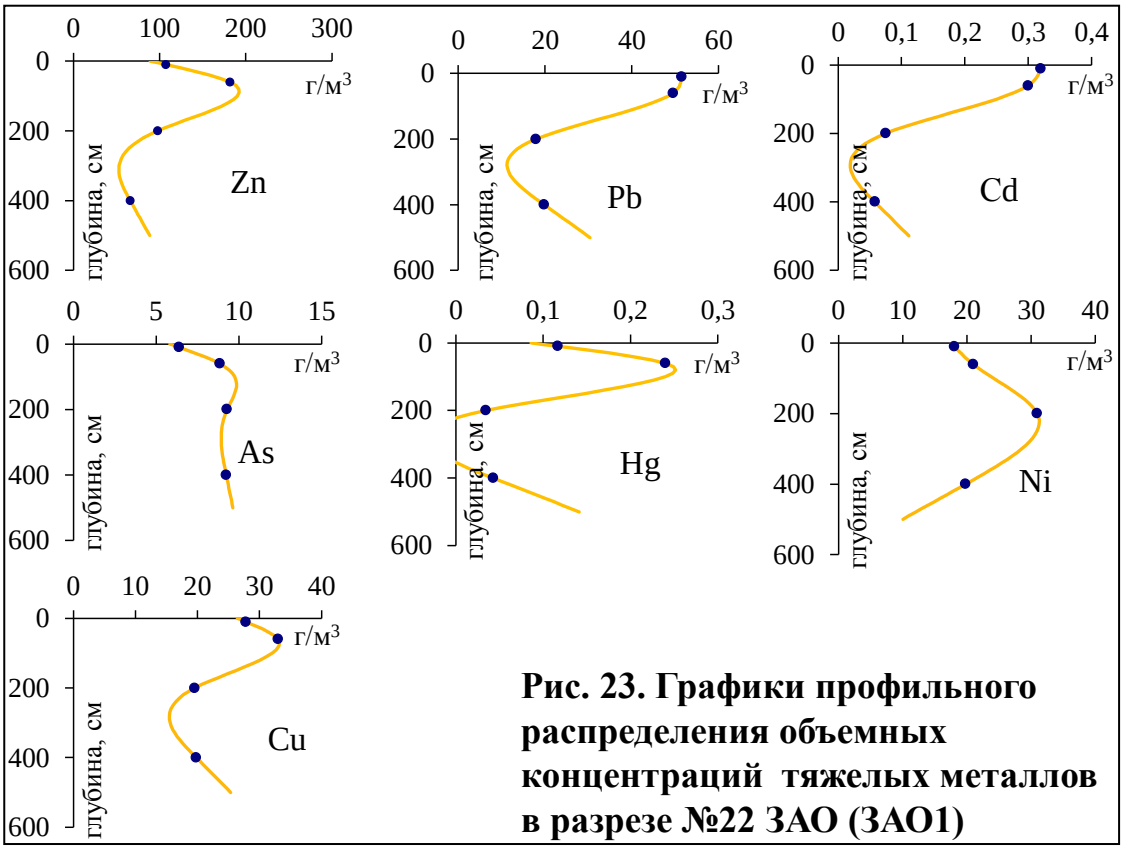

Рис. 23. Графики профильного распределения объемных концентраций тяжелых металлов в разрезе №22 ЗАО (ЗАО1)

Раздел 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 7 приведены отношения концентрации тяжелых металлов в поверхностном слое почвы к действующим нормативам ПДК (ОДК).

Таблица 7.

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 8. Отношение запасов тяжелых металлов в метровой толще к условно-нормативным величинам запаса ($ПДК_{г/м}^2$), рассчитанным на основе действующих нормативов ПДК и ОДК [81], приведены в таблице 9.

Таблица 8.

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
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
$ПДК_{г/м}^2$ [81]	80	50	1.00	3.0	3.00	30.0	50

Таблица 9.

Соотношение запаса тяжелых металлов в метровой толще почвы к ПДК$_{г/м^2}$ [81]

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 (ПДК$_{г/м^2}$).

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 (рис. 24).

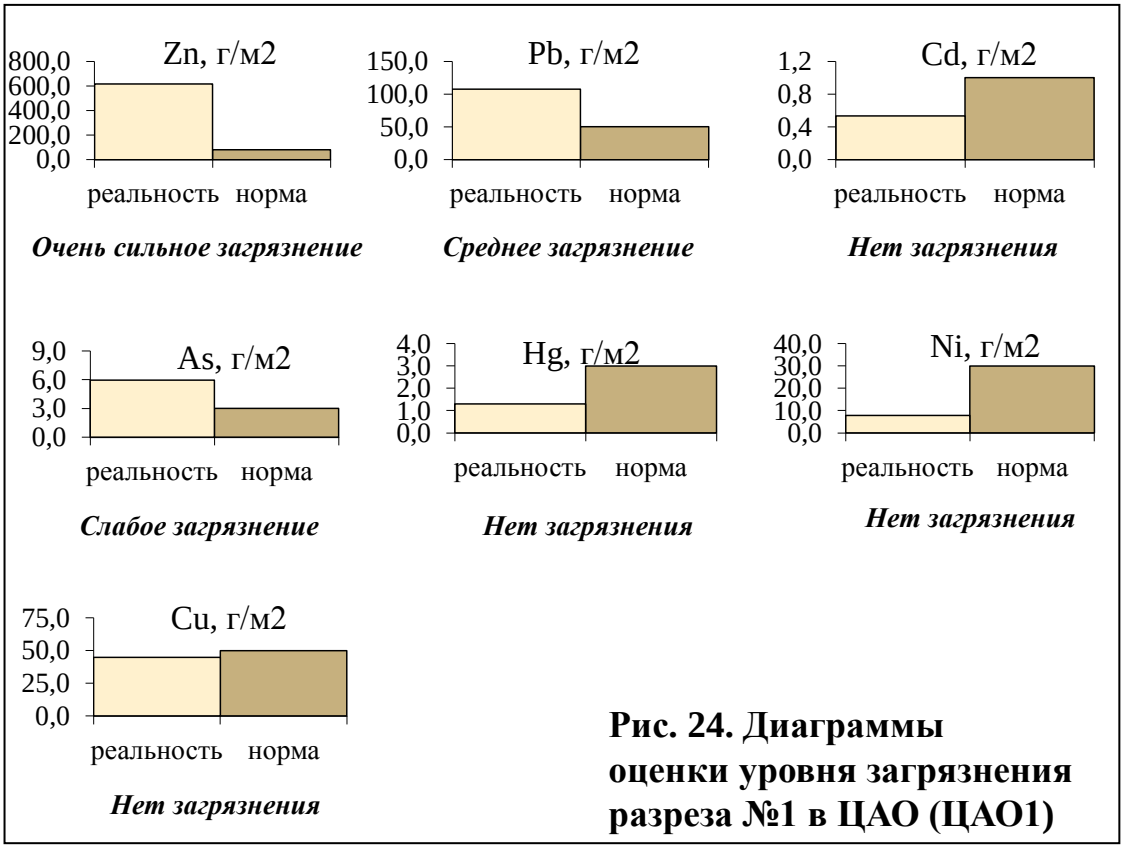

Рис. 24. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №1 в ЦАО (ЦАО1)

Исследование почвы разреза ЦАО2 показало слабое загрязнение цинком и мышьяком. Рассчитанные запасы свинца, кадмия, ртути, никеля и меди остались в пределах нормы (рис. 25).

В почве разреза ЦАО3 было выявлено среднее загрязнение цинком и мышьяком, а также слабое загрязнение свинцом. Содержание остальных элементов осталось в пределах нормы (рис. 26).

Среднее значение запаса цинка составило 304 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}$^{2} в 3,8 раз), стандартное отклонение – 273 г/м^2. Среднее значение запаса свинца составило 79 г/м^2 (что превышает ПДКг/м^2 в 1,6 раз), стандартное отклонение – 44 г/м^2. Среднее значение запаса кадмия составило 0,37 г/м^2 (что составляет 0,4ПДКг/м^2), стандартное отклонение – 0,16 г/м^2. Среднее значение запаса мышьяка составило 5,4 г/м^2 (что превышает ПДКг/м^2 в 1,8 раз), стандартное отклонение – 2,0 г/м^2. Среднее значение запаса ртути составило 0,70 г/м^2 (что составляет 0,2ПДКг/м^2),

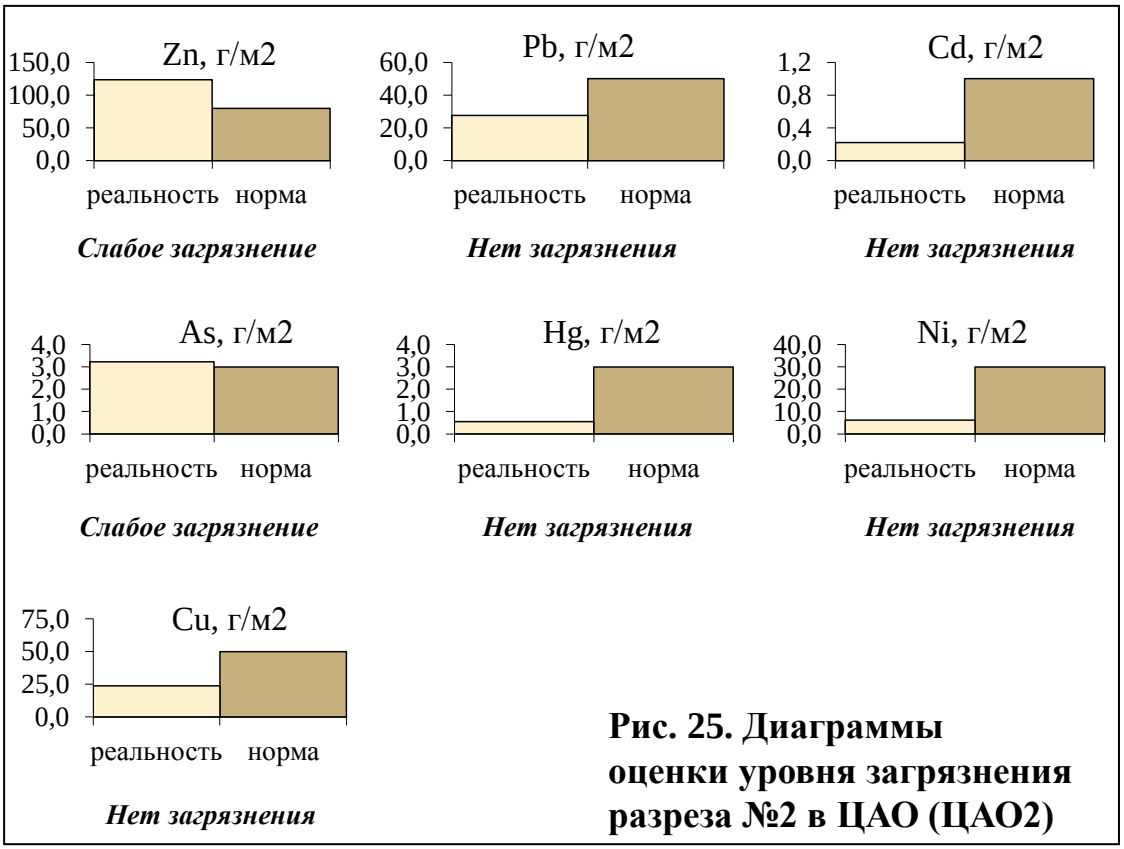

Рис. 25. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №2 в ЦАО (ЦАО2)

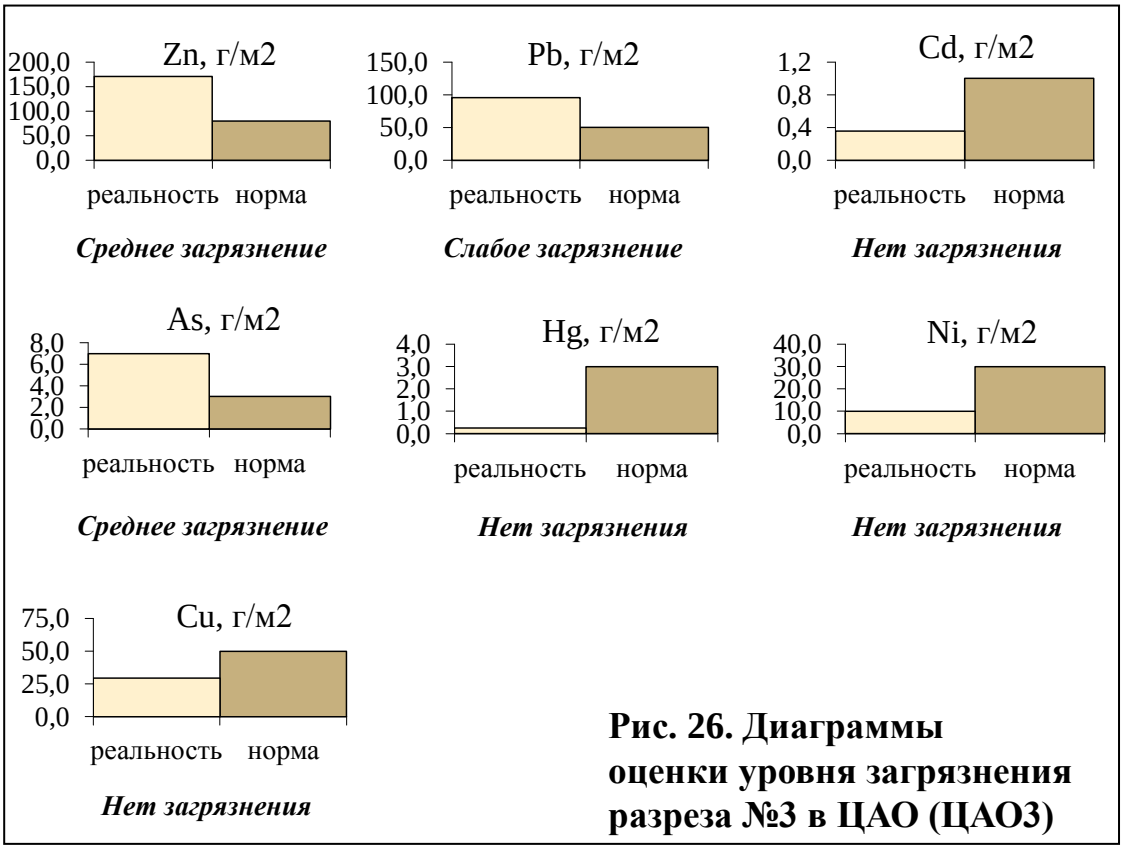

Рис. 26. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №3 в ЦАО (ЦАО3)

стандартное отклонение – 0,55 г/м^2. Среднее значение запаса никеля составило 8,0 г/м^2 (что составляет 0,3ПДКг/м^2), стандартное отклонение – 1,95 г/м^2. Среднее значение запаса меди составило 33 г/м^2 (что составляет 0,7ПДКг/м^2), стандартное отклонение – 11 г/м^2.

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 (рис. 27, 28).

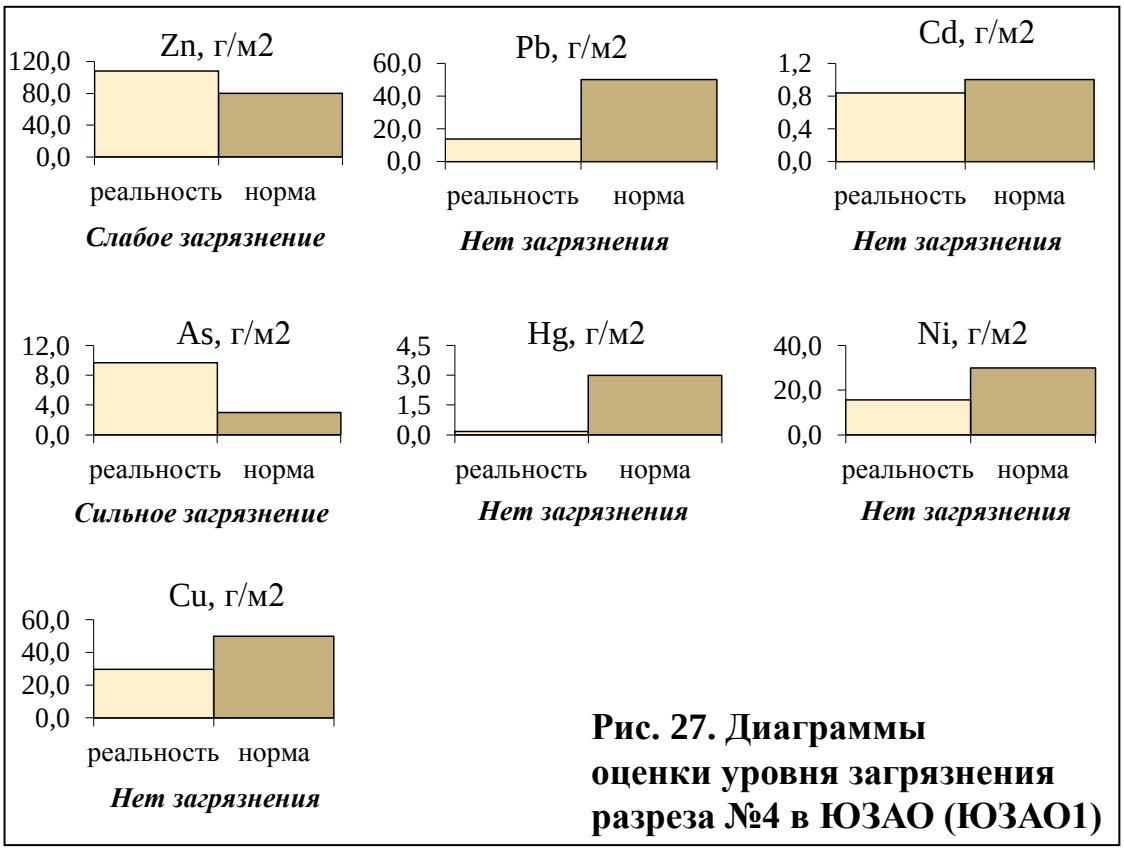

Рис. 27. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №4 в ЮЗАО (ЮЗАО1)

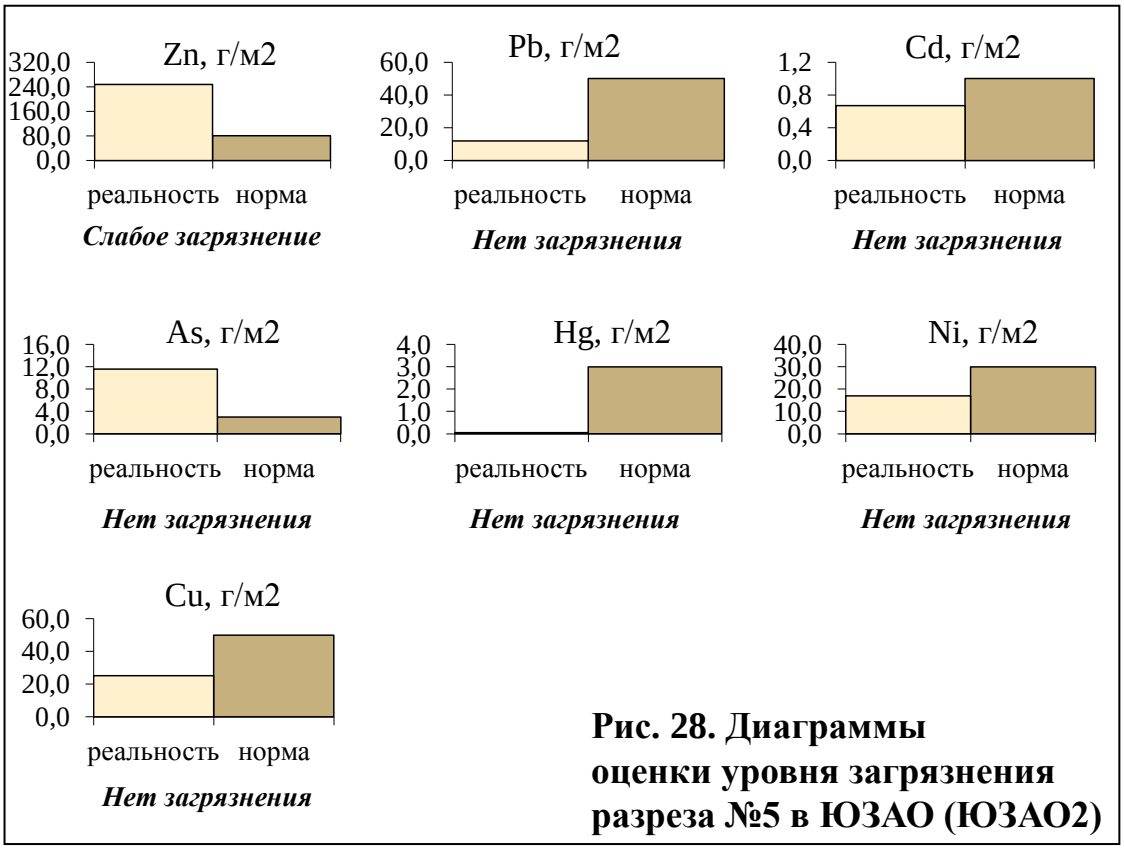

Рис. 28. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №5 в ЮЗАО (ЮЗАО2)

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 поллютанов находились в пределах нормы (рис. 29).

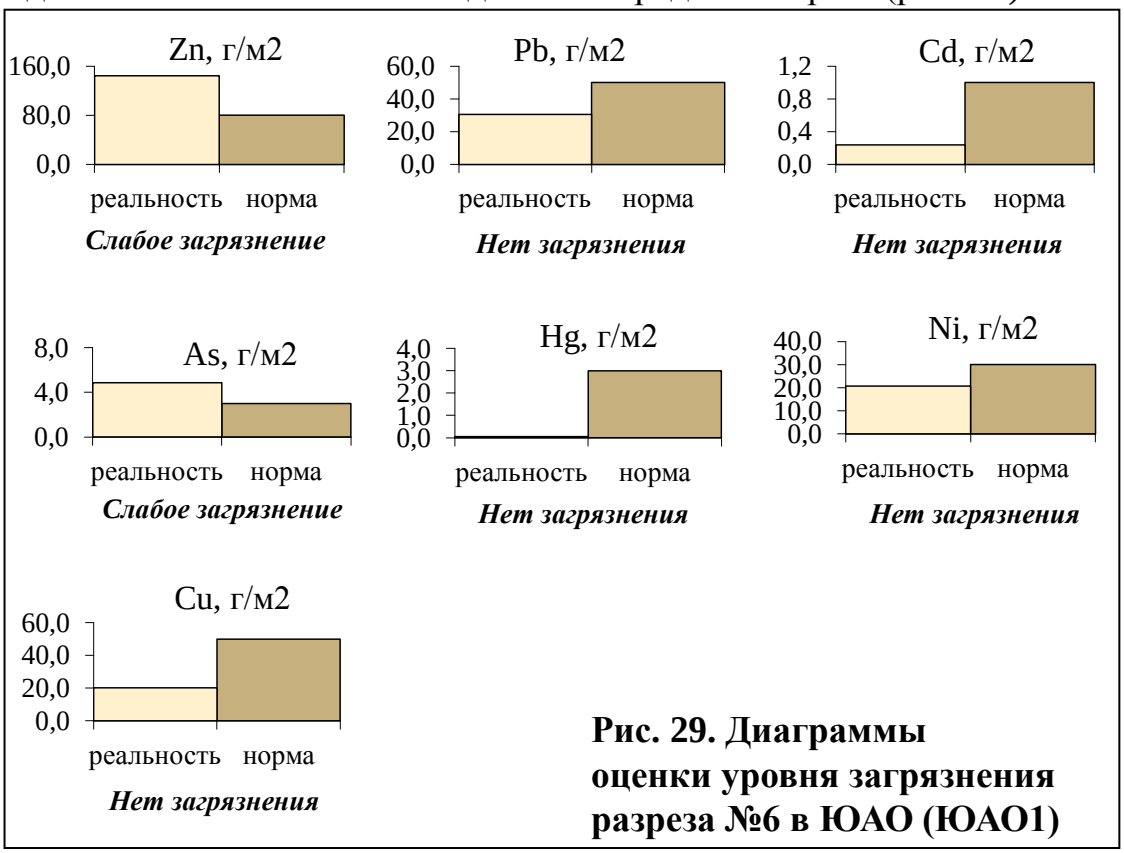

Рис. 29. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №6 в ЮАО (ЮАО1)

В почве разреза ЮАО2 было отмечено загрязнение цинком средней степени и загрязнение мышьяком слабой степени (рис. 30).

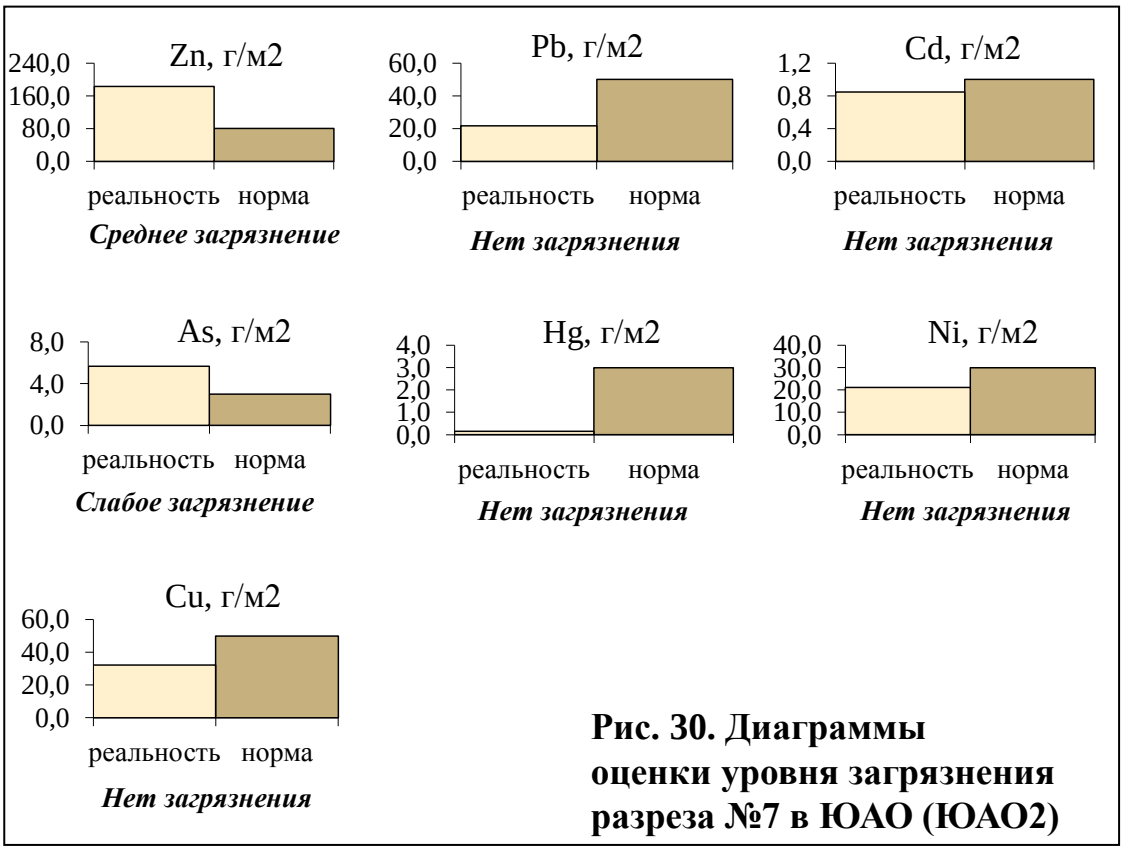

Рис. 30. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №7 в ЮАО (ЮАО2)

В разрезе ЮАО3 было обнаружено слабое загрязнение цинком и мышьяком. Содержание свинца, кадмия, ртути, никеля и меди не превысило норму (рис.31).

Среднее значение запаса цинка составило 150 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}{}^2$ в 1,9 раз), стандартное отклонение – 30 г/м^2. Среднее значение запаса свинца составило 27 г/м^2 (что составило 0,5ПДК$_{г/м}{}^2$), стандартное отклонение – 4,6 г/м^2. Среднее значение запаса кадмия составило 0,41 г/м^2 (что составляет 0,4ПДК$_{г/м}{}^2$), стандартное отклонение – 0,39 г/м^2. Среднее значение запаса мышьяка составил 5,1 г/м^2 (что составляет 1,7ПДК$_{г/м}{}^2$), стандартное отклонение – 0,57 г/м^2. Среднее значение запаса ртути составило 0,083 г/м^2 (что значительно меньше ПДК$_{г/м}{}^2$), стандартное отклонение – 0,059 г/м^2. Среднее значение запаса никеля составило 22 г/м^2 (что составляет 0,7ПДК$_{г/м}{}^2$), стандартное отклонение – 1,2 г/м^2. Среднее значение запаса меди

составило 24 г/м^2 (что составляет 0,5ПДК$_{г/м^2}$), стандартное отклонение – 6,9 г/м^2.

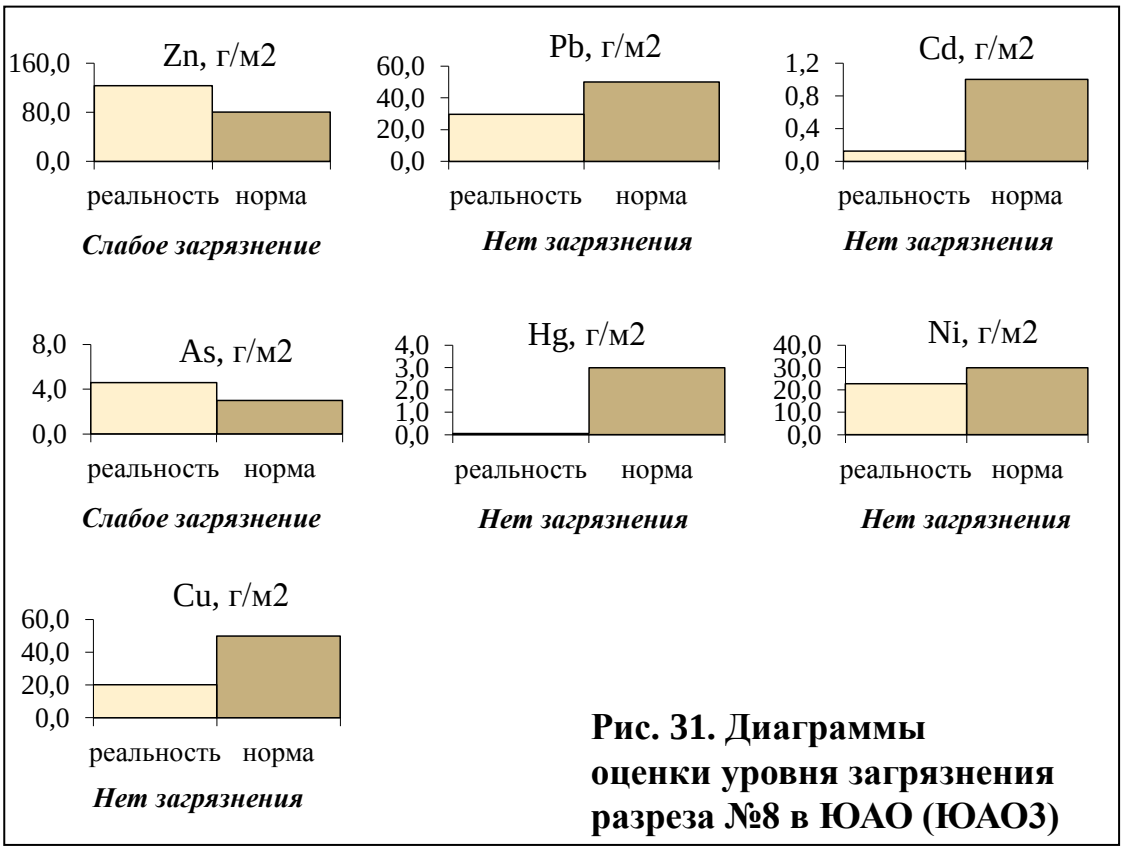

Рис. 31. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №8 в ЮАО (ЮАО3)

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 (рис. 32).

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 (рис. 33).

В разрезе ЮВАО3 были отмечены загрязнения цинком (очень сильный уровень), медью (средний уровень) и свинцом (слабый уровень). Запасы остальных исследованных поллютантов норму не превысили (рис. 34).

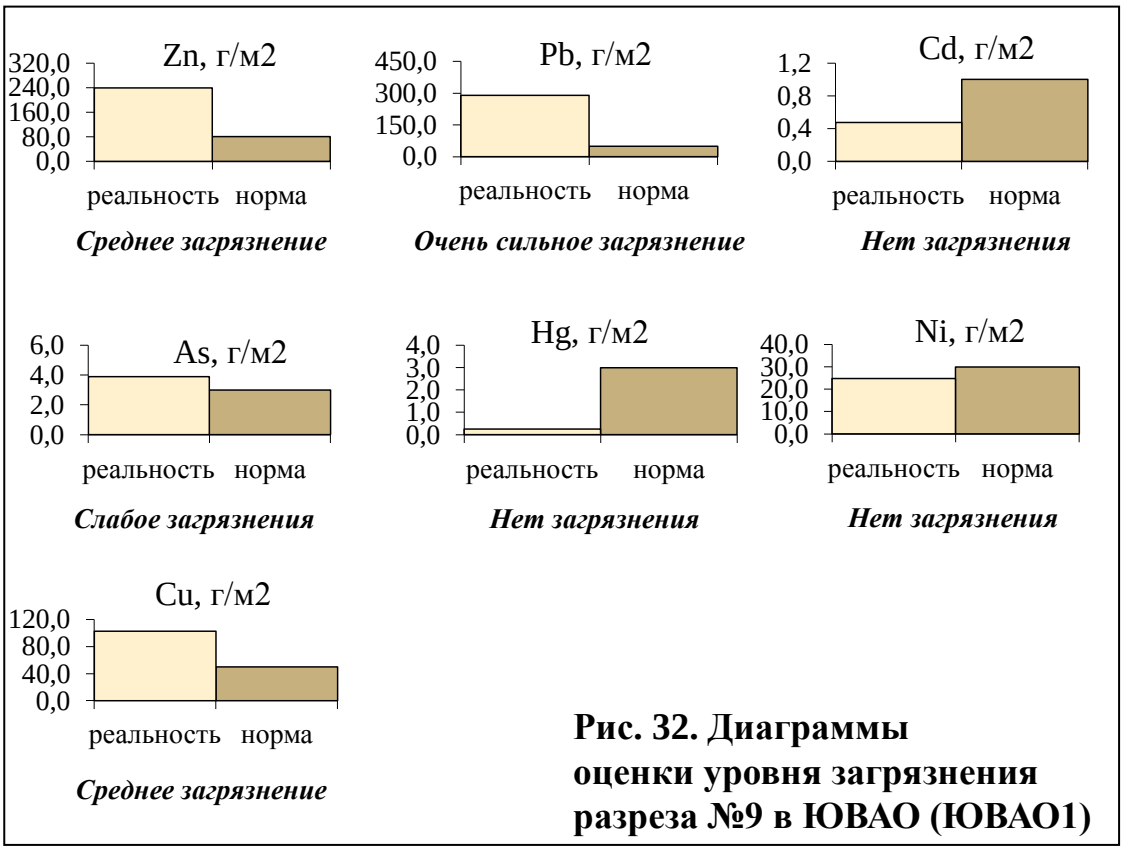

Рис. 32. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №9 в ЮВАО (ЮВАО1)

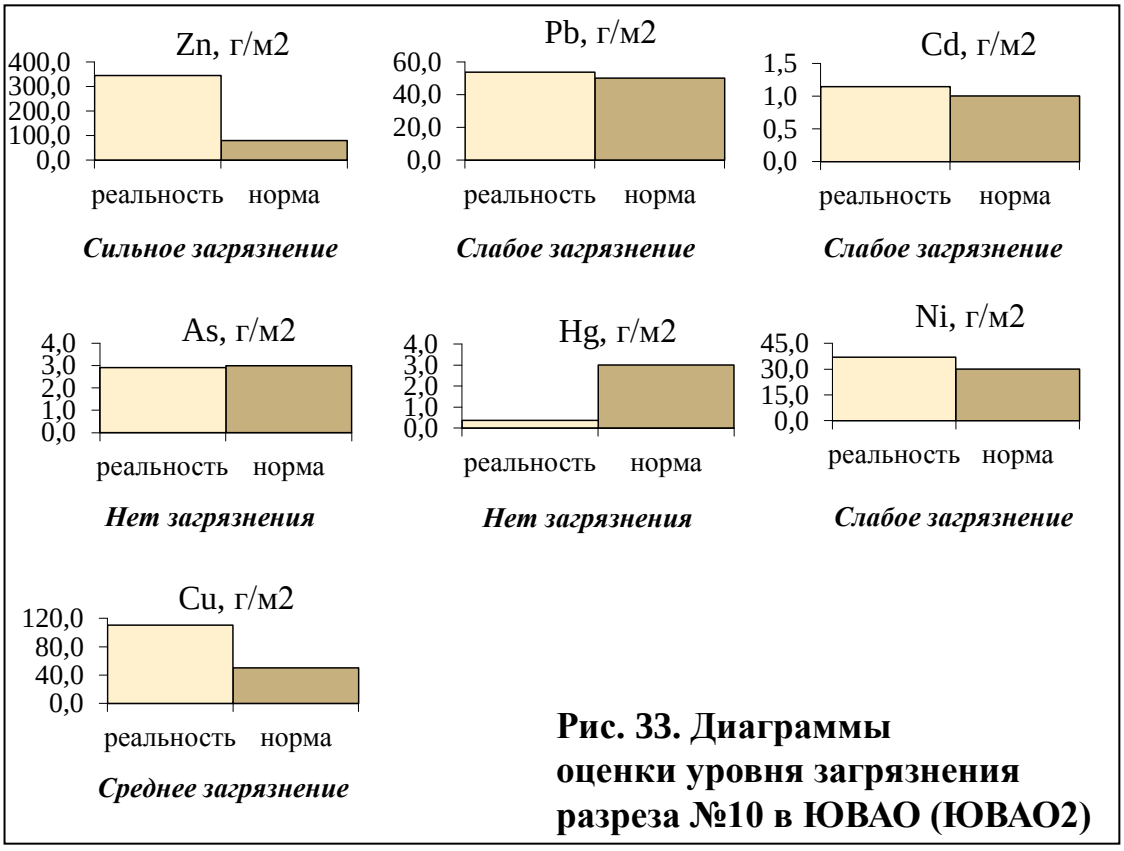

Рис. 33. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №10 в ЮВАО (ЮВАО2)

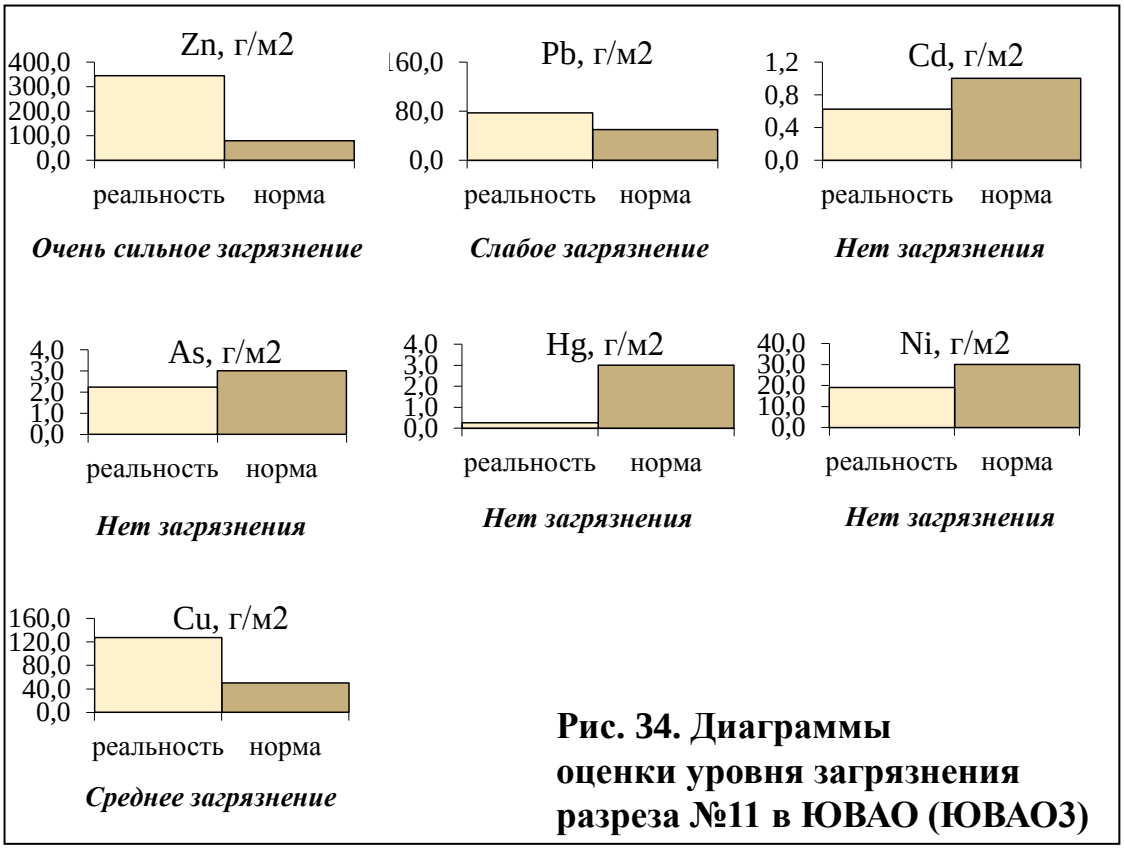

Рис. 34. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №11 в ЮВАО (ЮВАО3)

Среднее значение запаса цинка составило 417 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}^2$ в 5,2 раза), стандартное отклонение – 224 г/м^2. Среднее значение запаса свинца составило 60 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}^2$ в 1,2 раза), стандартное отклонение – 16 г/м^2. Среднее значение запаса кадмия составило 0,73 г/м^2 (что составляет 0,7ПДК$_{г/м}^2$), стандартное отклонение – 0,33 г/м^2. Среднее значение запаса мышьяка составило 3,0 г/м^2 (при ПДК$_{г/м}^2$ равным 3г/м^2), стандартное отклонение – 0,85 г/м^2. Среднее значение запаса ртути составило 0,30 г/м^2 (что составляет 0,1ПДК$_{г/м}^2$), стандартное отклонение – 0,064 г/м^2. Среднее значение запаса никеля составило 27 г/м^2 (что составляет 0,9ПДК$_{г/м}^2$), стандартное отклонение – 9,2 г/м^2. Среднее значение запаса меди составило 114 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}^2$ в 2,3 раза), стандартное отклонение – 13 г/м^2.

Разрезы Восточного административного округа. На территории округа было заложено два разреза. Результаты исследования уровня загрязнения почв тяжелыми металлами показаны на рисунках 35, 36.

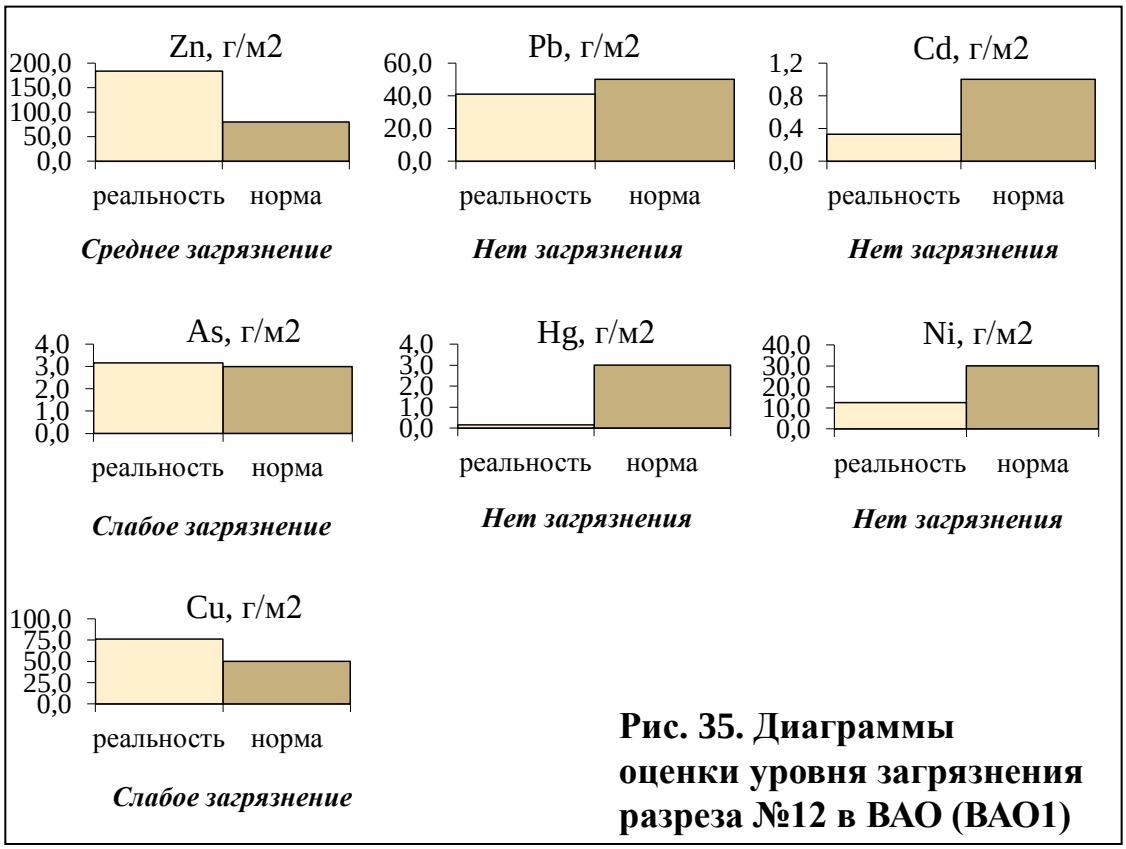

Рис. 35. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №12 в ВАО (ВАО1)

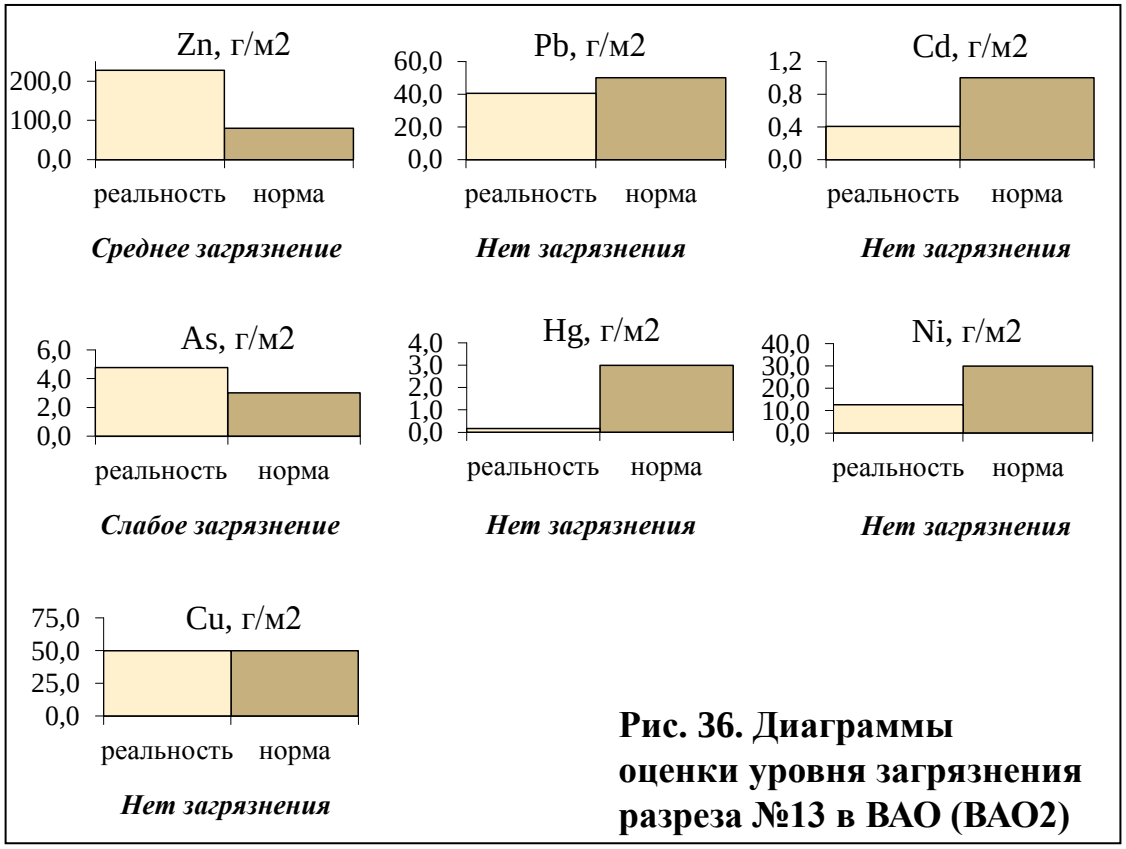

Рис. 36. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №13 в ВАО (ВАО2)

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 (рис. 37).

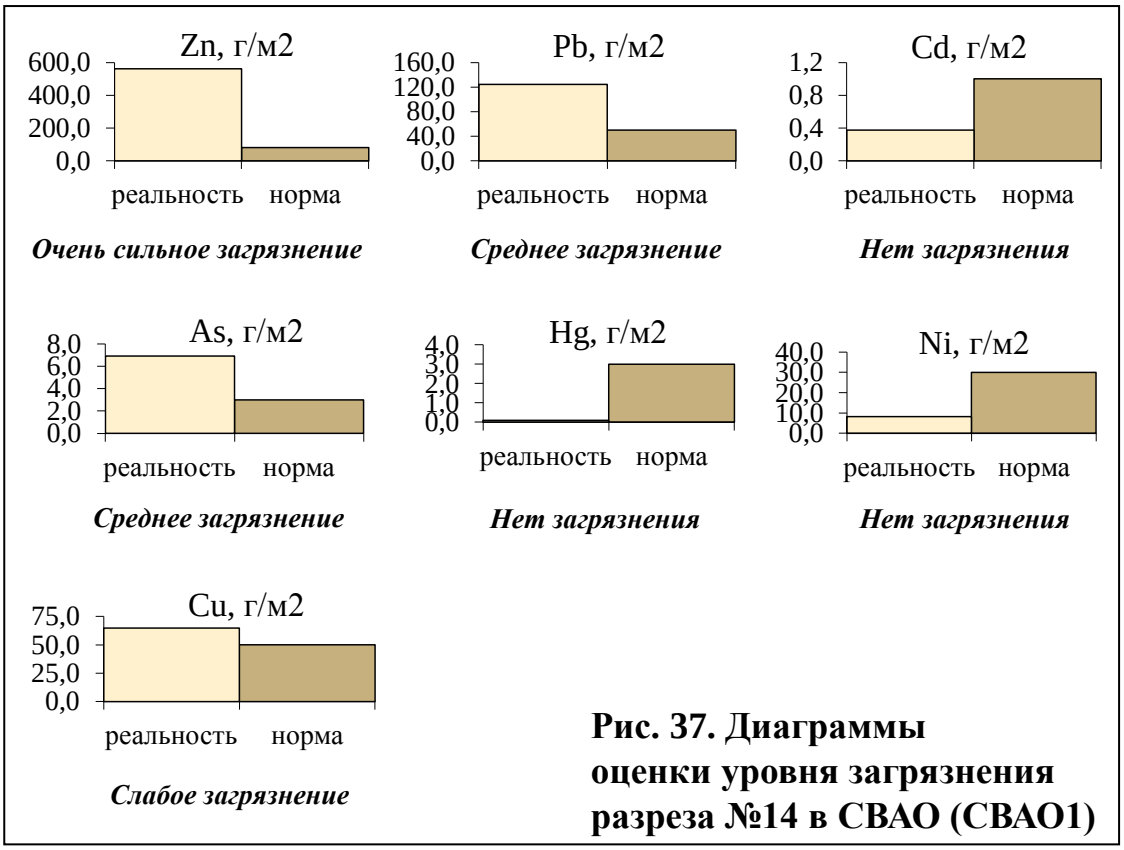

Рис. 37. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №14 в СВАО (СВАО1)

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 (рис. 38-40).

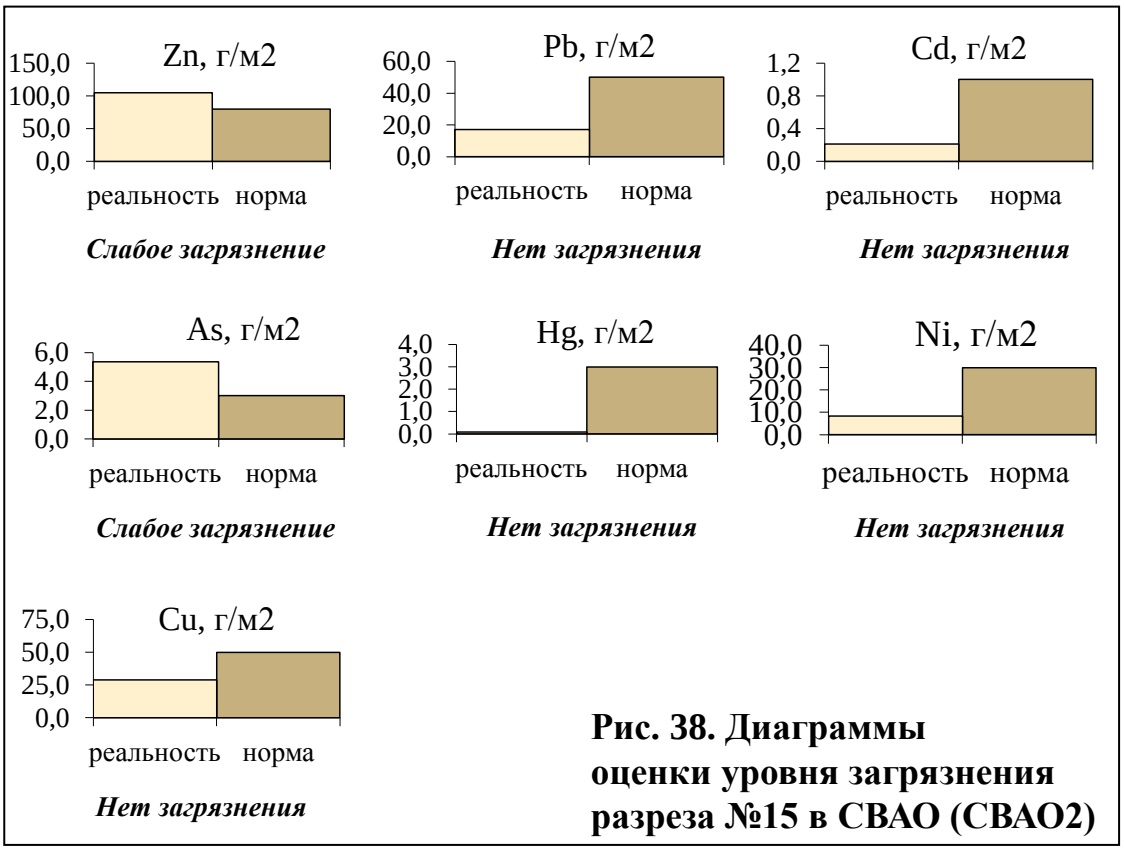

Рис. 38. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №15 в СВАО (СВАО2)

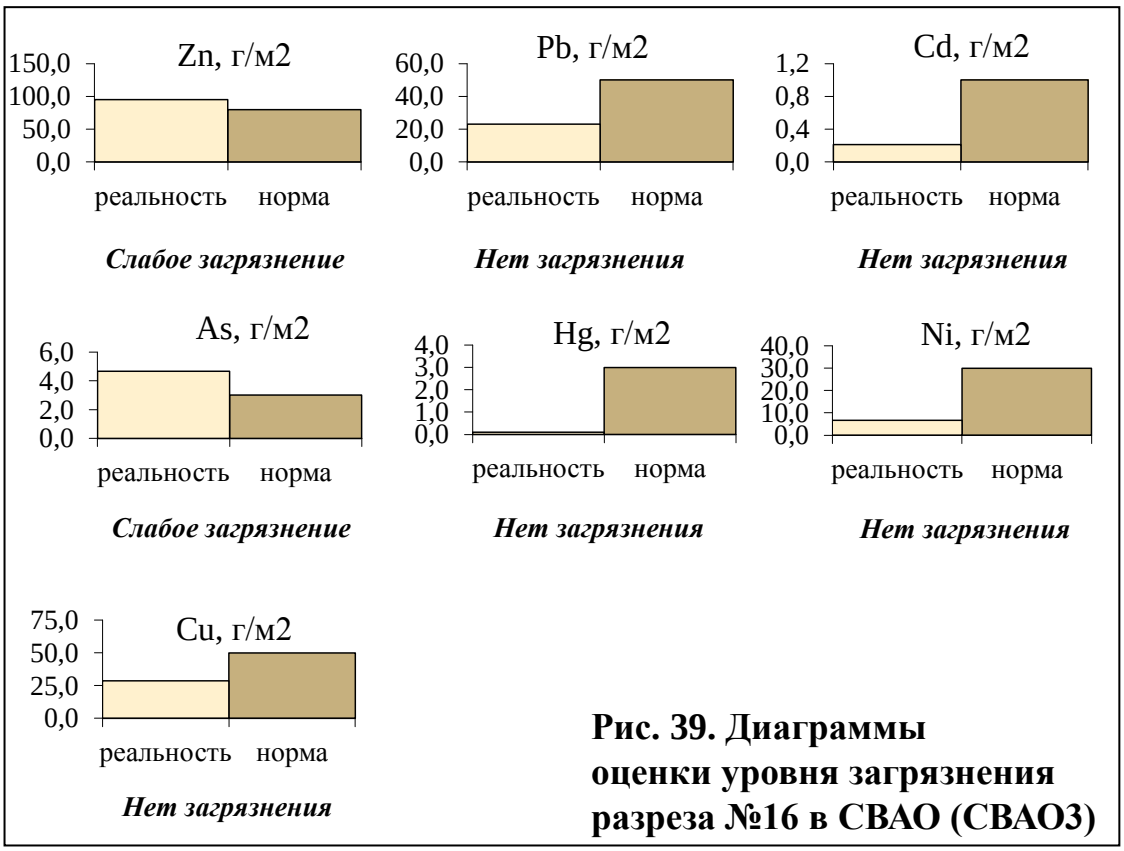

Рис. 39. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №16 в СВАО (СВАО3)

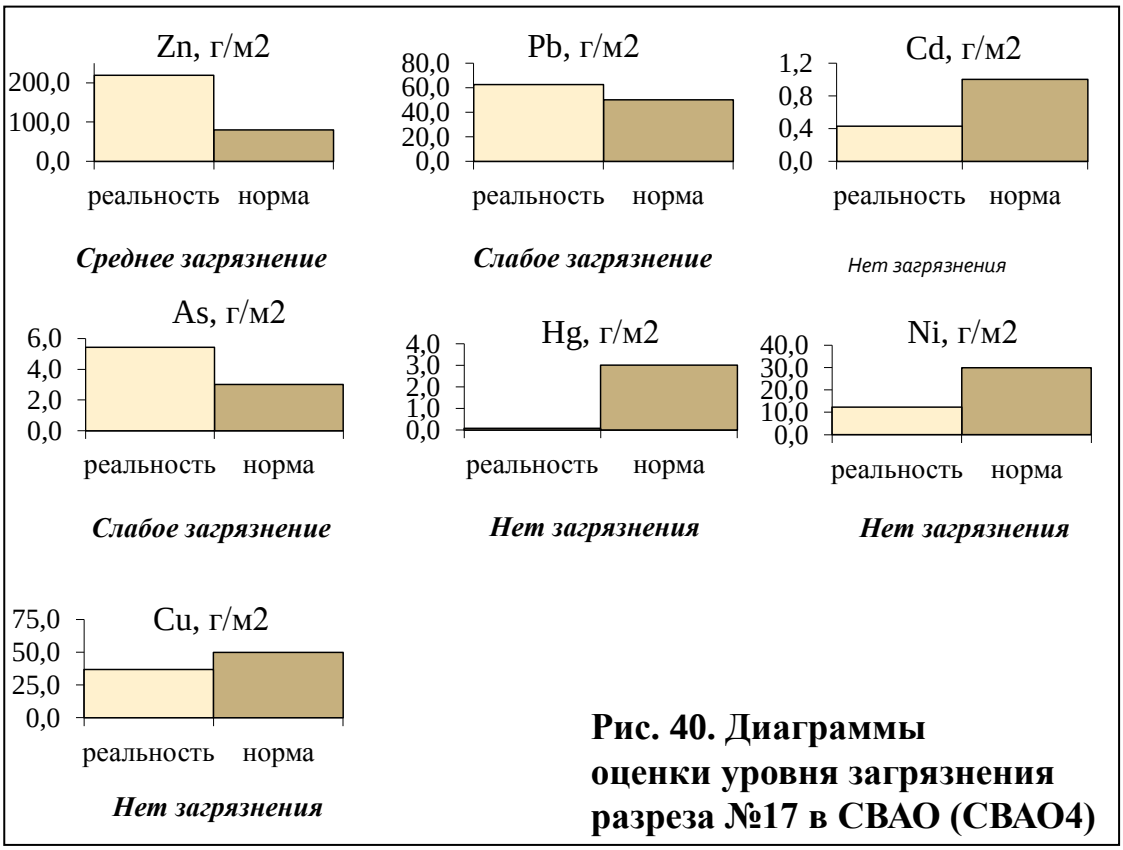

Рис. 40. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №17 в СВАО (СВАО4)

Среднее значение запаса цинка составило 246 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}^2$ в 3 раза), стандартное отклонение – 219 г/м^2. Среднее значение запаса свинца составило 57 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}^2$ в 1,1 раза), стандартное отклонение – 43 г/м^2. Среднее значение запаса кадмия составило 0,31 г/м^2 (что составляет 0,3ПДК$_{г/м}^2$), стандартное отклонение – 0,11 г/м^2. Среднее значение запаса мышьяка составило 5,6 г/м^2 (что превышает ПДК$_{г/м}^2$ в 1,9 раза), стандартное отклонение – 0,93 г/м^2. Среднее значение запаса ртути составило 0,091 г/м^2 (что значительно меньше ПДК$_{г/м}^2$), стандартное отклонение – 0,011 г/м^2. Среднее значение запаса никеля составило 8,8 г/м^2 (что составляет 0,3ПДК$_{г/м}^2$), стандартное отклонение – 2,3 г/м^2. Среднее значение запаса меди составило 40 г/м^2 (что составляет 0,8ПДК$_{г/м}^2$), стандартное отклонение – 17 г/м^2.

Разрезы Северного административного округа. На территории округа была исследована почва двух разрезов. В разрезе САО1 выявлено слабое загрязнение цинком (рис. 41). В разрезе САО2 содержание исследованных тяжелых металлов не превысило нормативное значение (рис. 42).

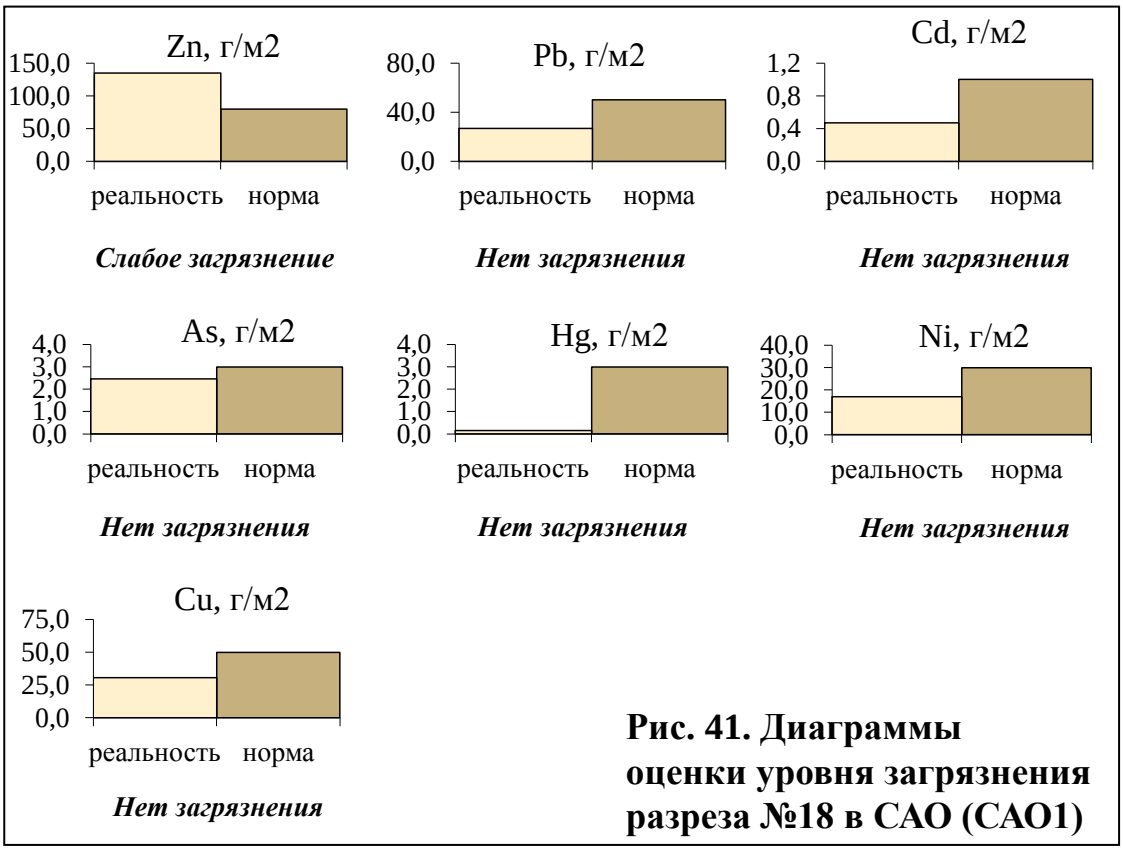

Рис. 41. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №18 в САО (САО1)

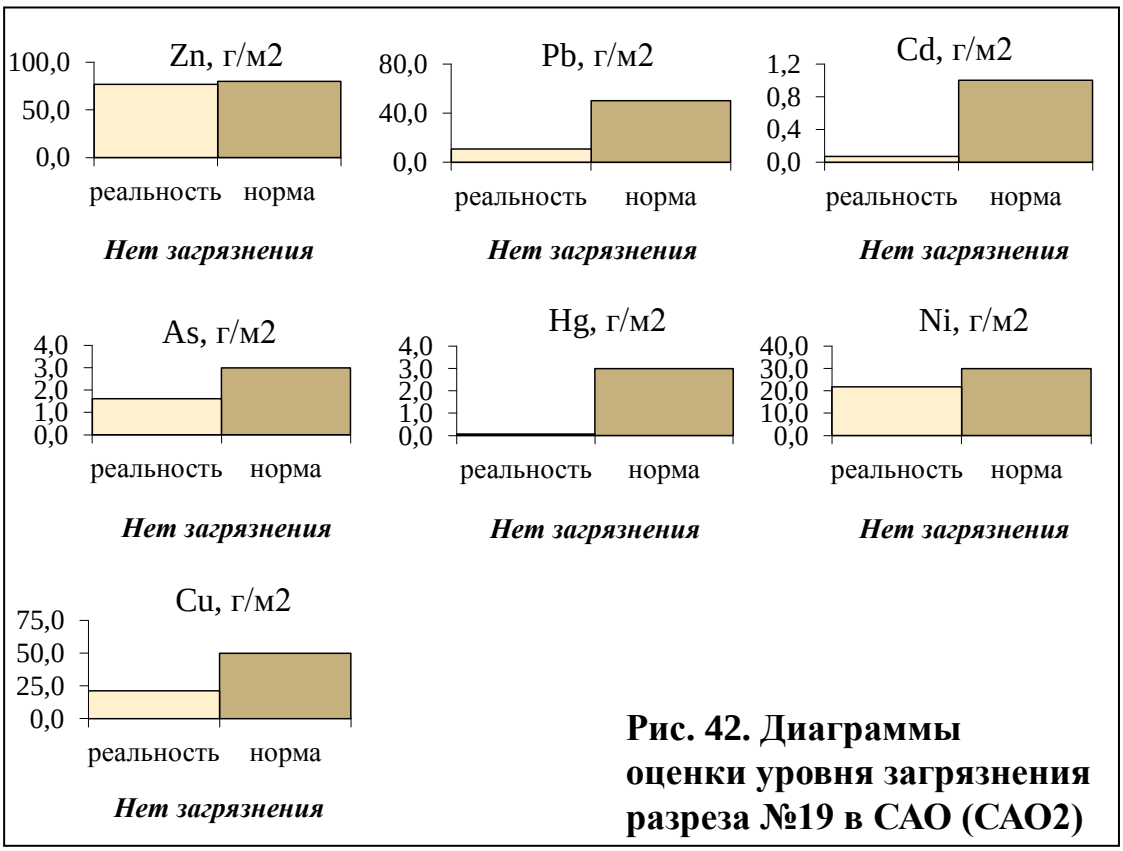

Рис. 42. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №19 в САО (САО2)

Северо-Западный административный округ. На территории округа было исследовано два почвенных разреза (рис. 43, 44).

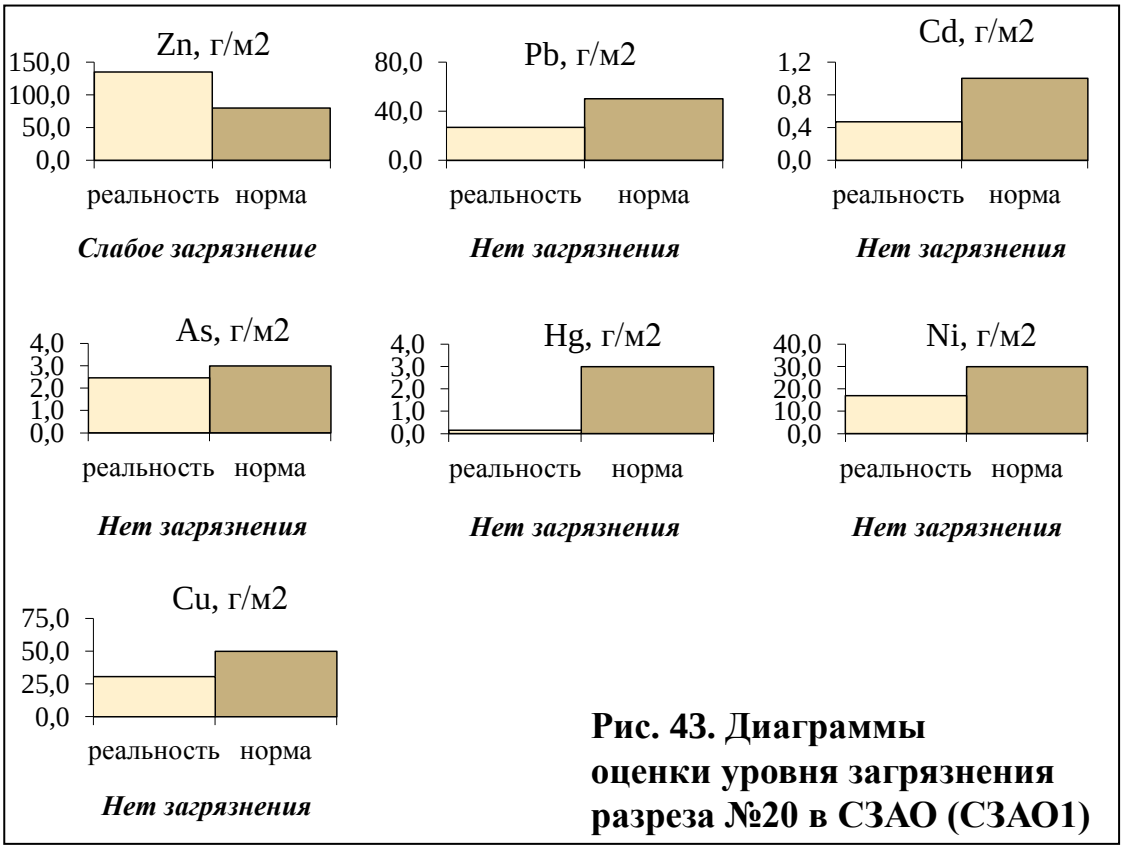

Рис. 43. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №20 в СЗАО (СЗАО1)

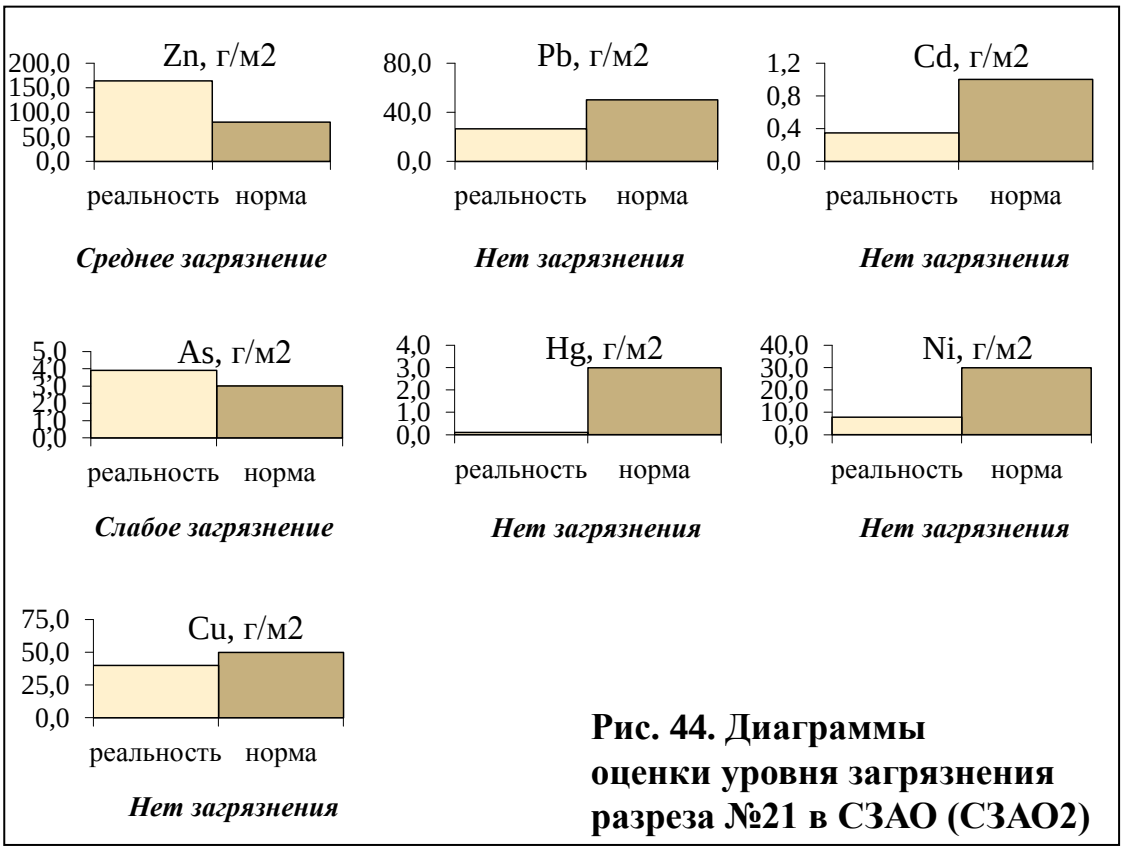

Рис. 44. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №21 в СЗАО (СЗАО2)

В разрезе СЗАО1 почвы были загрязнены цинком и мышьяком. Уровень загрязнения был слабый (рис. 43). В разрезе СЗАО2 почвы были загрязнены цинком (средний уровень загрязнения) и мышьяком (слабый уровень загрязнения) (рис. 44). 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 (рис. 45). Содержание фосфора, кадмия, ртути, никеля и меди не превысило нормативных значений.

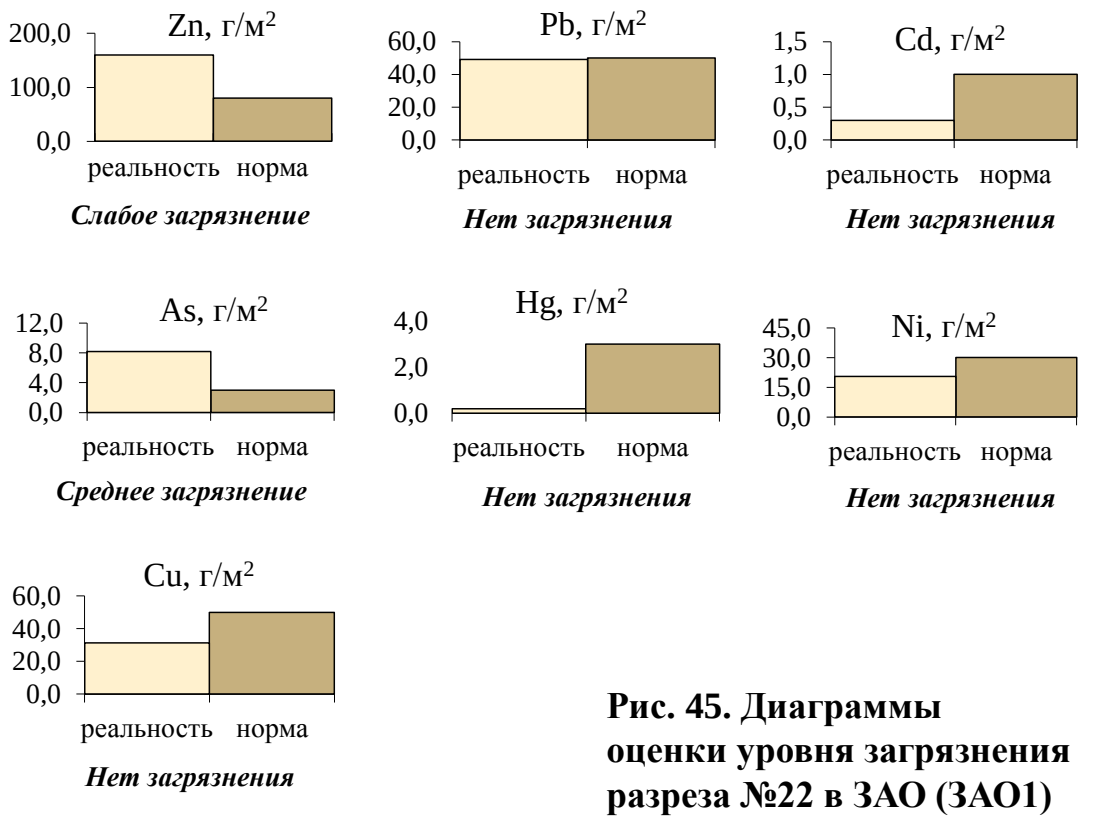

Рис. 45. Диаграммы оценки уровня загрязнения разреза №22 в ЗАО (ЗАО1)

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.

Раздел 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. 7).

Если при оценке степени загрязнения почв учитывать физическую организацию до глубины 1 метр, то наблюдалась схожая картина (табл. 8). Но содержание цинка в образцах ЮВАО3, ЦАО1 и СВАО1 с глубиной резко растет в первом метре (рис. 46), 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. 9).

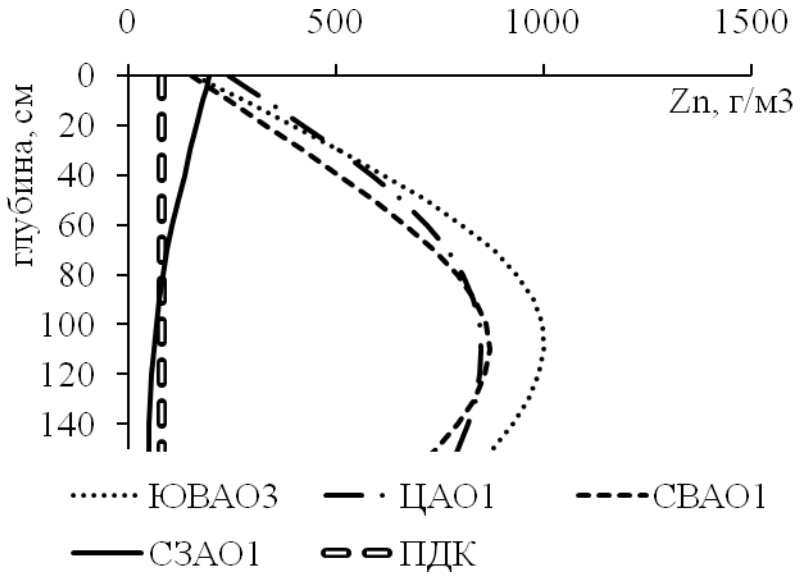

Рис. 46. Распределение цинка (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

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. 7).

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. 8). Это связано с тем, что в отличие от ЦАО, в СВАО1 содержание свинца резко увеличивается в первом метре (рис. 47). Также резко растет содержание свинца в разрезе СВАО4 (рис. 47). В результате чего запас свинца в почве, считавшейся чистой по традиционной методике оценки, превышает ПДК (табл. 8) и почва оценивается как слабозагрязненная [81].

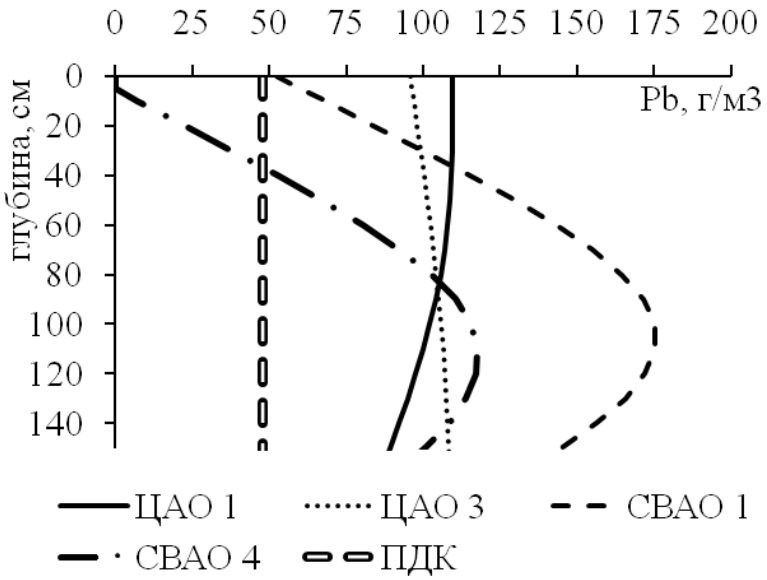

Рис. 47. Распределение свинца (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

При резком падении концентрации свинца с глубиной наблюдается обратная картина (рис. 48). Почвы, которые по традиционной методике считались загрязненными, содержат запас свинца ниже ПДК и относятся к чистым [81]. Таковы все образцы в ВАО (разрезы № 12, 13) и образец в ЦАО (разрез № 2) (табл. 8).

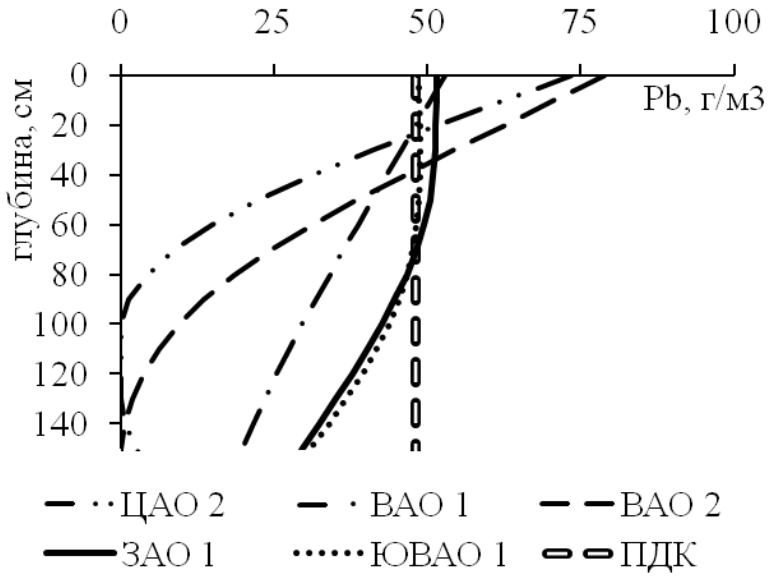

Рис. 48. Распределение свинца (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

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. 48; табл. 8).

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. 7).

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. 49). 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. 8).

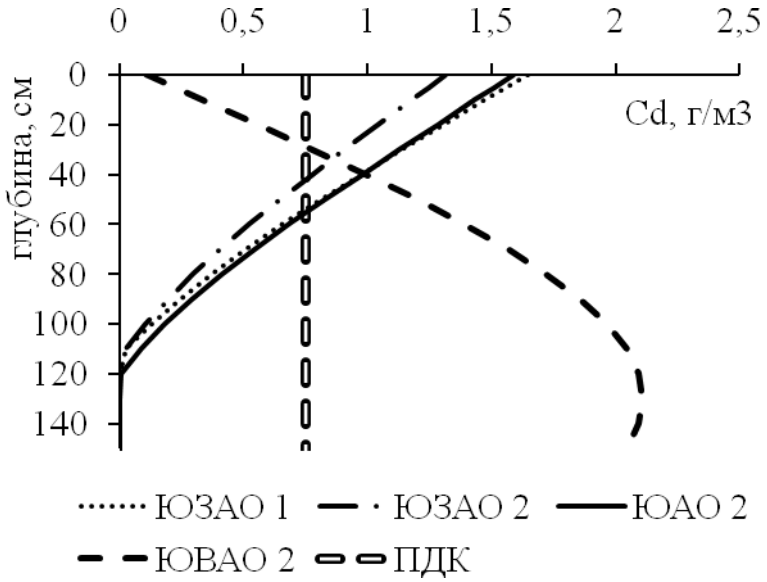

Рис. 49. Распределение кадмия (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

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. 7).

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. 50), общее его содержание не превышает 4ПДК (табл. 9).

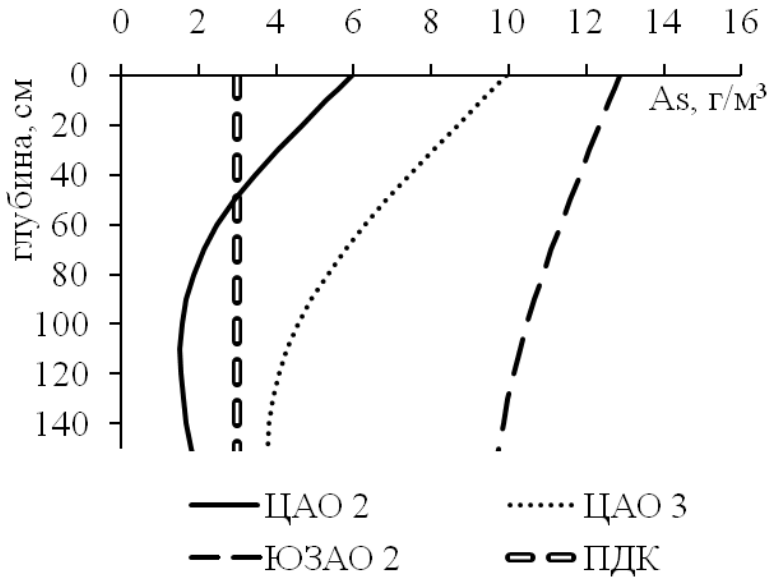

Рис. 50. Распределение мышьяка (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Содержание мышьяка в разрезах ЦАО падает с глубиной более резко (рис. 50). 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. 51). 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. 8).

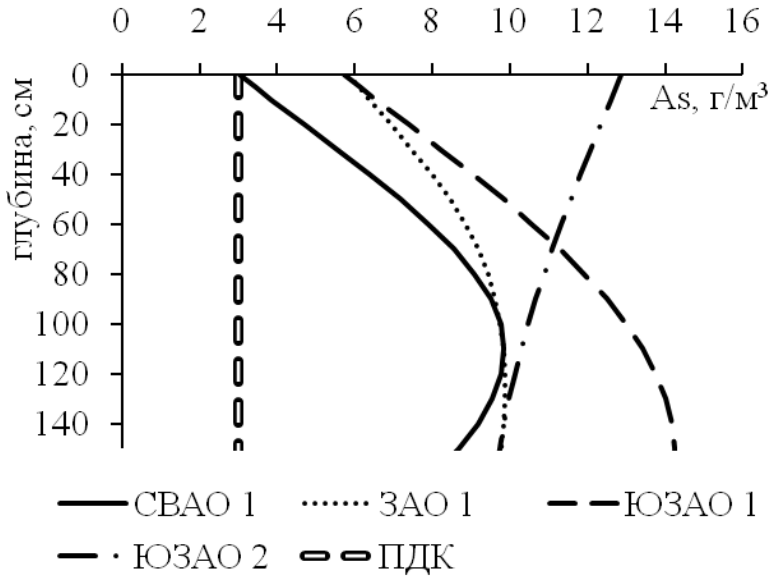

Рис. 51. Распределение мышьяка (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Следует отметить также, что даже при постепенном росте количества мышьяка с глубиной (рис. 52) почву разреза ВАО1 уже нельзя относить к незагрязненным (табл. 7).

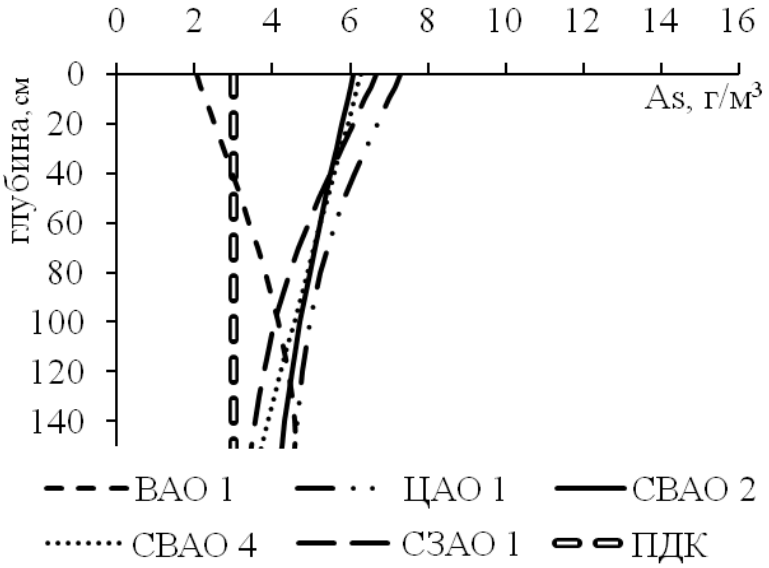

Рис. 52. Распределение мышьяка (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

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. 52), где запас мышьяка не превышает 2ПДК (табл. 8) в отличие от традиционной методики.

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 (табл. 7). В остальных пробах содержание ртути не превышало 0,12ПДК.

Если при оценке степени загрязнения почв учитывать физическую организацию, то запас ртути почти во всех образцах не превышал 0,17 ПДК (это 0,5 г/м^2). Наибольшим оказался запас ртути в образце разреза ЦАО1, составивший 1,3 г/м^2 или 0,43ПДК (табл. 8, 9).

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. 53) и запас составляет 43, 18 и 12% от ПДК соответственно (табл. 9). В то время как по традиционной методике эти значения ниже - 38, 12 и 3.7% ПДК соответственно (табл. 7).

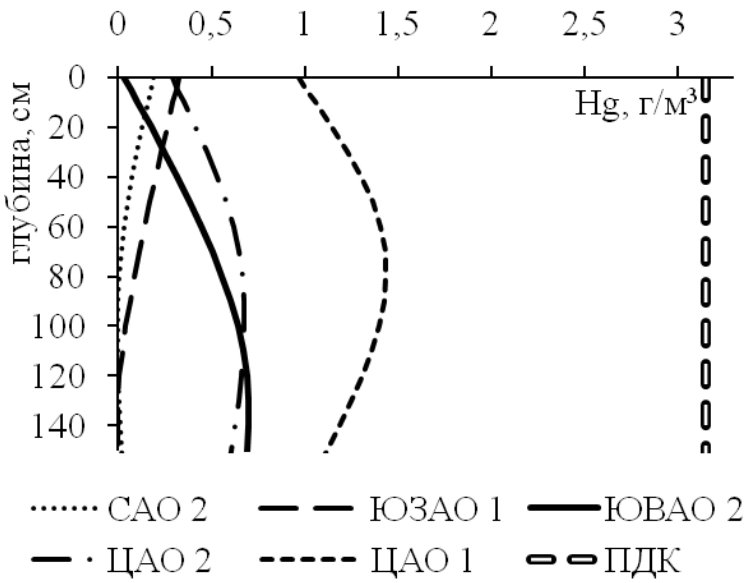

Рис. 53. Распределение ртути (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

В образцах ЮЗАО1 и САО2 количество ртути заметно падает с глубиной (рис. 53) и вместо 10% и 5,7% ПДК по традиционной методике, мы получили 5,7% и 2,2% соответственно.

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. 7).

При учете физической организации почв загрязненной оказалась лишь почва из ЮВАО2 (табл. 8). Но так как количество никеля падало с глубиной в первом метре (рис. 54), – превышение составило уже не 1,8ПДК, а всего лишь 1,1ПДК. Содержание никеля в разрезе ЮВАО1 норму не превысили. Также в первом метре с глубиной сильно уменьшается содержание никеля в разрезе ЮВАО3 (рис. 54). Здесь запас никеля составил 0,63 $ПДК_{г/м}^{2}$ (табл. 5) в противовес 0,95 ПДК по традиционной методике (табл. 7).

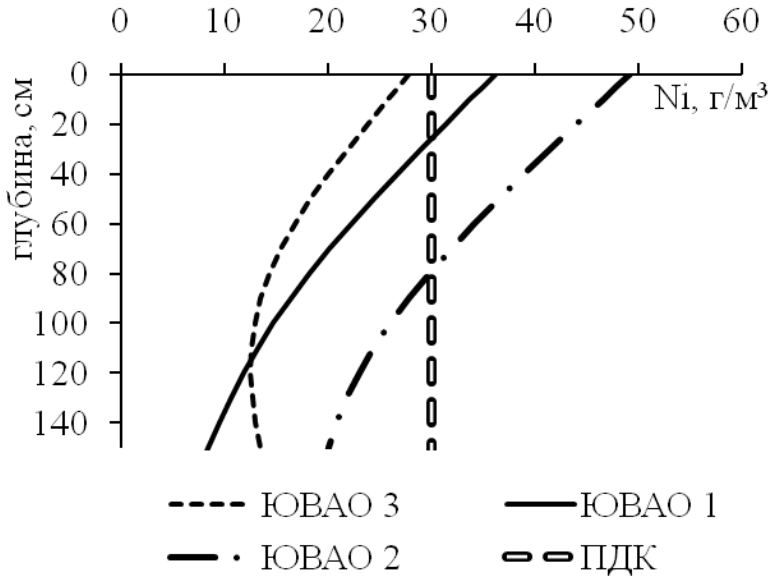

Рис. 54. Распределение никеля (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

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. 7). 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. 9). 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. 55).

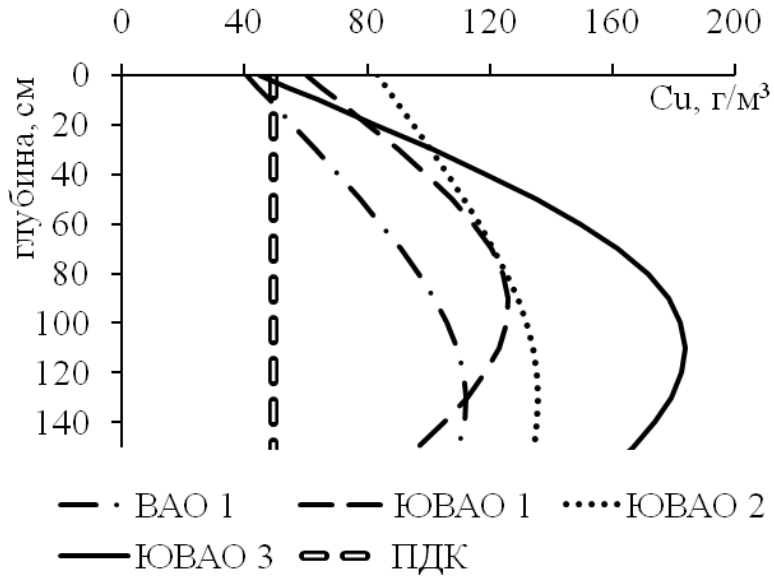

Рис. 55. Распределение меди (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

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. 8), т.к. количество меди с глубиной падает (рис. 56). 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).

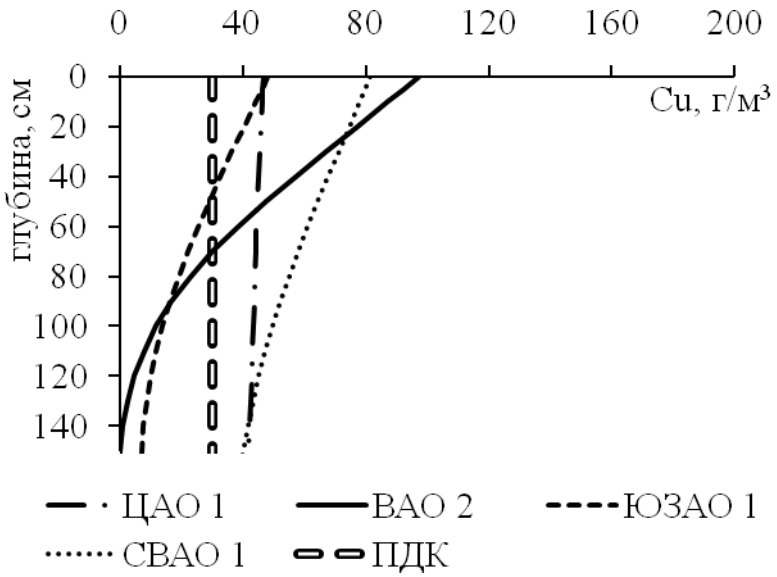

Рис. 56. Распределение меди (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

Так же при снижении содержания меди с глубиной уменьшается отношение содержания меди к ПДК и в чистых образцах разрезов ЮЗАО2, ЦАО2, САО2 (рис. 57). И наоборот - при росте количества меди с глубиной это отношение увеличивается разрезах СЗАО1 и СЗАО2 (рис. 57).

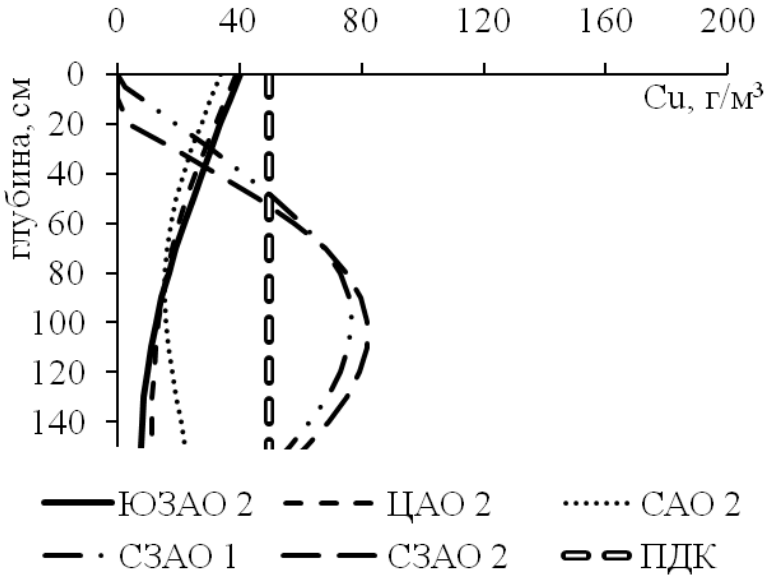

Рис. 57. Распределение меди (г/м^3) по профилю почвы с учетом изменения ее плотности с глубиной

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/м^2 при средних значениях 100 – 250 г/м^2; для свинца 80 - 130 г/м^2 при средних значениях 20 – 50 г/м^2; для кадмия 0,8 – 1,1 г/м^2 при средних значениях 0,20 – 0,50 г/м^2; для мышьяка 8 – 12 г/м^2 при средних значениях 3,0 – 5,0 г/м^2; для ртути – 0,5 – 1,5 г/м^2 при средних значениях 0,01 – 0,2 г/м^2; для никеля 30 – 40 г/м^2 при средних значениях 5 – 10 г/м^2; для меди 100 – 130 г/м^2 при средних значениях 30 – 50 г/м^2.

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 загрязнение 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеенко В.А.* Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 стр.
2. *Балашова С.П., Большаков В.И., Борисочкина Т.И. и др.* Методические рекомендации по определению степени загрязнения городских почв и грунтов и проведению инвентаризации территорий, требующих рекультивации. М.: ИМГРЭ, 2004. 48 с.
3. *Барсегян А.Г., Гендугов В.М., Глазунов Г.П. и др.* Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель. М.: НИА-Природа, 2013. 373 с.
4. *Башкин В.Н.* Управление экологическим риском. М.: Научный мир, 2005. 368 с.
5. *Большаков В.А., Белобров В.П., Шишов Л.Л.* Словник. Термины, их краткое определение, справочные материалы по почвенной экологии, географии и классификации почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. 138 с.
6. *Большаков В.А., Водяницкий Ю.Н., Борисочкина Т.И., Кахнович З.Н., Мясников В.В.* Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 31 с.
7. *Большаков В.А., Кахнович З.Н.* Тяжелые металлы в почвах района “Ховрино” г. Москвы // Почвоведение. 2002. №1. С. 121-126.
8. *Бутовский Р.О.* Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных // Агрохимия. 2005. №4. С. 73-91.
9. *Бычинский В.А., Вашукевич Н.В.* Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города. Иркутск: Изд. Иркут. Ун-та, 2007. 106 с.

10. *Важенин Н.Г.* Диагностика плодородия почв, подверженных техногенному загрязнению // Бюлл. Почв. Ин-та ВАСХНИЛ. 1987. №40. С. 40.
11. *Васильева Л.И., Кадацкий В.Б.* Формы тяжелых металлов в почвах урбанизированных и заповедных территорий // Геохимия. 1998. №4. С. 426–429.
12. *Васильевская В.Д.* Проблемы и опыт составления карт устойчивости почвенного покрова к антропогенным воздействиям // Биологические науки. 1990. №9. С. 51-59.
13. *Водяницкий Ю.Н.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. 164 с.
14. *Водяницкий Ю.Н.* Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами // Почвоведение. 2010. №3. С. 1276-1280.
15. *Водяницкий Ю.Н., Яковлев А.С.* Оценка загрязнения почвы по содержанию тяжелых металлов в профиле // Почвоведение. 2011. №3. С. 329-335.
16. *Войтович Н.В., Полев Н.А., Останина А.В.* Оценка загрязнения почв сельскохозяйственного использования в результате агрогенного воздействия // Почвы Московской области и их использование. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2002. Т.1. С. 372-384.
17. *Галактионов А.Ю., Когут Б.М., Кахнович З.Н.* Пространственное распределение тяжелых металлов по почвам парков г. Москвы // Сборник тезисов международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв». М.: МГУ, 2004. С.38-39.
18. *Гармаш Г.А.* Распределение тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия металлургических предприятий // Почвоведение. 1985. №2. С. 27-32.
19. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

20. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
21. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
22. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
23. *Горбатов В.С.* Устойчивость и трансформация оксидов тяжелых металлов (цинка, свинца, кадмия) в почвах // Почвоведение. 1988. №1. С. 35-43.
24. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартинформ, 2008. 4 с.
25. ГОСТ 17.4.3.01-83 (СТ СЭВ 3847-82). Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 4 с.
26. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ, 2008. 8 с.
27. *Грановский Э.И., Неменко Б.А.* Современные методы определения тяжелых металлов и их применение для биологического мониторинга (аналитический обзор). Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1990. 94 с.
28. *Гришина Л.А.* Влияние атмосферного загрязнения на свойства почвы. М.: Изд-во МГУ, 1990. 203 с.
29. *Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Сурнин В.А.* Нормирование и оценка качества почв и грунтов производственных площадок. Промежуточный технический отчет. Программа сотрудничества ЕС-Россия. Проект “Гармонизация экологических стандартов II”. М.: ГТЦ, 2008. 24 с.
30. *Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И.* Экотоксикология и проблемы нормирования. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с.
31. Даис Махер Али. Факторы, влияющие на подвижность металлов в дерново-подзолистой почве в условиях полевого и модельного опыта: дис. канд. биол. наук. М., 2009, 195 с.

32. *Добровольский Г.В.* Почва, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
33. Доклад о состоянии окружающей среды в Москве в 2012 году / Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы (под общ. ред. А.О. Кульбачевского). М.: Спецкнига, 2012. 178 с.
34. *Дончева А.В., Казаков Л.К., Калуцков В.Н.* Экология и отрасли промышленности. Природный аспект // Природные ресурсы и окружающая среда. 1979. Вып. 7. С. 46-59.
35. *Завалишин А.А.* Почвенный покров // Природа города Москвы и Подмосковья. М.-Л., АН СССР, 1947. С. 229-286
36. Закон г. Москвы «О городских почвах» от 04.07.2007 № 31.
37. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск. Наука, 1991. 215 с.
38. Импактное загрязнение почв металлами и фторидами / под ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Махалова, Н.В. Стасюк. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 165 с.
39. *Касимов Н.С., Никифорова Е.М.* Геохимия городов и городских ландшафтов // Экология города / Под ред. А.С. Курбатовой и др. М.: Научный мир, 2004. С. 234–268.
40. *Ковда В.А.* Почвоведение /В.А. Ковда, Б.Г. Розанов. М.: Выс. школа, 1988. Т. 1. 400 с.
41. Курбатова А.С. , Башкин В.Н., Касимов Н.С. Экология города. М.: Научный мир, 2004. 624 с.
42. *Курбатова А.С., Герасимова С.А., Решетина Т.В., Федоров И.Д., Башкин В.Н., Щербаков А.Б.* Оценка состояния почв и грунтов при проведении инженерно-экологических изысканий. Серия: Экологическое сопровождение градостроительной деятельности. М.: Научный мир, 2005. 180с.

43. *Ладонин Д.В., Ладонина Н.Н.* Загрязнение почв Юго-восточного административного округа г. Москвы медью и цинком // Экология. 2000. № 1. С. 61–64.
44. *Ладонин Н.Н.* Химический состав почв и растительности антропогенно нарушенных экосистем Юго-Восточного административного округа г. Москвы: автореф. канд. дисс. М., 1999. 23 с.
45. *Лепнева О.М.* Влияние антропогенных факторов на химическое состояние почв города (на примере Москвы): автореф. канд. дисс., М., 1987. 22 с.
46. *Лепнева О.М., Обухов А.И.* Экологические последствия влияния урбанизации на состояние почв Москвы.// Экология и охрана природы Москвы и Московского региона. М.: Изд-во МГУ. 1990. С. 63-69.
47. *Лихачева Э.А*. О семи холмах Москвы. М.: Наука, 1990. 143 с.
48. *Макаров О.А.* Почему нужно оценивать почву? (Состояние/качество почвы: оценка, нормирование, управление, сертификация). М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2003. 259 с.
49. М 03-05-2005. Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов и донных отложений на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С.
50. МУ 2.1.7.730-99 Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания МУ 2.1.7.730-99
51. *Миронов А.А., Евгеньев И.Е.* Автомобильные дороги и охрана окружающей среды. Томск: Изд-во Том. Ун-та, 1986. 284 с.
52. М-МВИ-80-2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложений методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии.
53. *Мосина Л.В.* Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса Москвы: автореф. док. дисс., М. 2003.

54. *Мотузова Г.В., Карпова Е.А., Барсова Н.Ю.* Загрязнение почв тяжелыми металлами // Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ, 2011. С. 270–271.

55. *Мягкова А.Д., Строганова М.Н.* Методические подходы к оценке экологических негативных процессов и их воздействия на состояние городских почв (на примере г. Москвы). М.: ВИНИТИ, 1995. 61 с.

56. *Небольсин А.Н., Небольсина З.П., Алексеев Ю.В., Яковлева Л.В.* Известкование почв, загрязненных тяжелыми металами // Агрохимия. №3. 2004. С. 48-54.

57. *Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е.* Фракционный состав соединений свинца в почвах Москвы и Подмосковья // Почвоведение. 2009. №8. С. 940-951.

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

59. *Обухов А.И., Лепнева О.М.* Состояние свинца в системе почва- растение в зоне влияния автомагистралей // Свинец в окружающей среде. М., 1988, с. 149-166.

60. *Обухов А.И., Лурье Е.М.* Закономерности распределения ТМ в почвах дерново-подзолистой подзоны. // Геохимия ТМ в природных и техногенных ландшафтах. М.: Изд-во МГУ, 1983, с. 55-63.

61. *Осипов В.И., Медведев О.П.* Геология и город // М.: Московские учебники и картолитография, 1997.-С.400.

62. *Пинский Д.Н., Пампура Т.В., Дмитраков Л.М.* Нормирование соединений тяжелых металлов в почвах: проблемы и пути их решения / Материал докладов VI с-да об-ва почвоведов им. В.В. Докучаева. Петрозаводск, 2012. Кн. 2, с. 283-284.

63. *Пляскина О.В., Ладонин Д.В.* Загрязнение городских почв тяжелыми металлами // Почвоведение. 2009. №7. С. 877-885.

64. ПНД Ф 16.1:2.2:3.17-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли мышьяка и сурьмы в

твердых сыпучих материалов атомно-абсорбционным методом с предварительной генерацией гидридов.

65. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-02 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, свинца, цинка, никеля и марганца в почвах, донных отложениях и осадках сточных вод методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии.
66. ПНД Ф 16.1:2.23-2000. Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С.
67. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами, утвержденным Минприроды России 18 ноября 1993 Года, Роскомземом 10 ноября 1993 года и согласованным с Минсельхозом России, Госкомсанэпиднадзором России, Россельхозакадемией Почва, город, экология / отв. ред. Г.В. Добровольский. М., 1997. -312 с.
68. Приложение к Закону города Москвы от 5 мая 2010 года №17 «О генеральном плане города Москвы». Книга 2.
69. Природа в Москве / под общей ред. С.Б. Ткаченко, И.Н. Ильиной, А.А. Минина (научно-популярное издание). – М.: ГУП НИиПИ Генплана Москвы, 2008. – 312 с.
70. *Прокофьева Т.В., Строганова М.Н.* Почвы Москвы (почвы в городской среде, их особенности и экологическое значение). — ГЕОС Москва, 2004. — С. 60.
71. *Прохоров Н.В., Матвеев Н.М.* Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестник СамГУ, 1996. Специальный выпуск. С. 125-147.
72. РД 52.18.191-89 Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

73. *Рэуце К., Кырстя С.* Борьба с загрязнением почвы. М., Агропромиздат, 1986. 221 с.

74. *Савич В.И., Парахин Н.В., Сычев В.Г., Степанова Л., Лобков В.Т., Амергужин Х.А., Щербаков А.Ю., Романчик Е.А.* Почвенная экология. Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2002. 546 с.

75. *Савич В.И., Седых В.А., Никиточкин Д.Н., Сердюкова А.В., Шестаков Е.И., Саидов А.К.* Агроэкологическая оценка состояния почв в системе почва-растение. М.: Изд-во ВНИИА, 2012. 360 с.

76. *Самохвалов В.Л., Фатеев А.И.* Биологическая составляющая почвы при исследовании импактного загрязнения тяжелыми металлами, в сб. “Экологические функции почв”. Пущино. 2010, с. 274-276.

77. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

78. *Систер В.Г.* Экологическое состояние городских территорий Ч. 3. Загрязнение почвы городов // Чистый город. 2003. № 4. С. 19-25.

79. *Систер В.Г., Мирный А.Н., Гюнтер Л.И.* Экологические проблемы мегаполисов. М.: Акад. коммун, хоз-ва им. К.Д. Памфилова, 2004. 431 с.

80. *Смагин А.В.* Как врачевать городские почвы // Наука в России. 2006. № 6. С. 27-34.

81. *Смагин А.В., Шоба С.А., Макаров О.А.* Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства (на примере г. Москвы). М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2008. 360 с.

82. *Строганова М.Н., Абрамова Л.К., Аксенова О.А. и др.* О состоянии окружающей среды города Москвы в 2003 г. Государственный доклад. Глава. Состояние почв и почвенного покрова. М.: НИА-Природа РЭФИА, 2004. 200 с.

83. *Строганова М.Н., Агаркова М.Т., Мягкова А.Д.* Почвы г. Москвы: тревоги и надежды, в сб. “Почвы, город, экология”, М.: РГАУ-МСХА, 2009. 40 с.

84. *Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Губанков А.А.* Почвы (с почвенной картой г. Москвы) // Экологический атлас г. Москвы, раздел 2.3. М.: НИ и ПИ Генерального Плана г.Москвы, 2000. С. 7–8.

85. *Строганова М.Н., Прокофьева Т.В.* Почвы и почвенный покров Москвы // “Природа Москвы”. под ред. чл.-корр. РАН Л.П. Рысина. Москва, 1998. С. 24–38.

86. *Строганова М.Н., Прокофьева Т.В., Прохоров А.Н. и др.* Комплексная оценка экологического состояния городских почв. М.: ВИНИТИ, 2001. Ч.1 С. 50.

87. *Строганова М.Н., Агаркова М.Г.* Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере юго-западной части г. Москвы) // Вестник МГУ. 1992. сер. 17. №7. С. 16-24.

88. *Судницын И.И., Сашина И.И.* Закономерности распределения меди, цинка, свинца и никеля в почвах московской области // Агрохимия. 2006. №2, с. 30 – 37.

89. *Сытник К.М., Брайон А.В., Гордецкий А.В.* Биосфера, экология, охрана природы (справочник). Киев: Наукова думка, 1987. 523 с.

90. *Тимофеева Я.О.* Экологическое состояние почв в условиях локального полиметаллического загрязнения // Биологические науки. 2012. №6. С. 590-594.

91. *Титова В.И., Дабахов М.В.* Особенности аккумуляции и распределения тяжелых металлов в почвенном покрове промышленного города. // Тез. докл. Всерос. конф. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». Москва. 2002 г. С. 148-149.

92. *Хакимов Ф.И., Деева Н.Ф., Ильина А.А.* К исследованию трансформации и загрязнения городских почв // Тез. в сб. «Проблемы антропогенного почвообразования». М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 1997. т.3. С. 187-189.

93. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. М.: Изд-во МГУ, 1985, 208 с.

94. *Цаплина М.А.* Трансформация и миграция соединений свинца, кадмия и цинка в дерново-подзолистой почве: автореф. канд. дисс. М., МГУ, 1991. 24 с.

95. *Черных Н.А., Ладонин В.Ф.* Нормирование загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрохимия.1995. № 6. С. 71-80.

96. *Шеин Е.В.* Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.

97. *Щеголькова Н.М.* Изучение процессов самоочищения в системе производственного экомониторинга // Сб. докладов Седьмого международного конгресса «Вода: экология и технология» Экватэк-2006. М., 2006. Ч. I. С. 311-312.

98. *Щеголькова Н.М.* Влияние города на формирование экологического состояния реки Москвы (исторический аспект) // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 2. С. 150 – 160.

99. *Юхан Р., Бегак М.В., Гусева Т.В., Стивен У., Кулибаба В.В.* Нормативы качества окружающей среды. Заключительный технический отчет. Программа сотрудничества ЕС-Россия. Проект “Гармонизация экологических стандартов II”. М.: ГТЦ, 2009. 231 с.

100. *Ягодин Б.А., Виноградова С.Б., Говорина В.В.* Кадмий в системе почва-растение-животные организмы и человек // Агрохимия. 1989. №5. С. 118-129

101. *Яковлев А.С., Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шулакова Е.А.* Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества // Почвоведение. 2010. №8. С. 984-995.

102. *Andrews R.N.L.* Environmental impact assessment and risk assessment: learning from each other. In: Environmental impact assessment: theory and practice. London: Unwin Hyman. 1990. p. 85-97.

103. *Angelone M., Armiento G., Cinti D., Somma R., Trocciola A.* Platinum and heavy metal concentration levels in urban soils of Naples (Italy) // Fresenius Environmental Bulletin. 2002. V. 11. P. 432-436.

104. *Awad F; Romheld V.* Mobilization of heavy metals from contaminated calcareous soils by plant born, microbial and synthetic chelators and their uptake by wheat plants // Journal of plant nutrition. 2000. Vol. 23, issue 11-12, p. 1847-1855.

105. *Banat K.M., Howari F.M., Al-Hamad A.A.* Heavy metals in urban soils of central Jordan: should we worry about their environmental risks? // Environmental Research. 2005. Vol. 97. P. 258-273.

106. *Blume H.-P.* Classification of soils in urban agglomerations // Catena. 1989. V.16. No.3. P.269-275.

107. *Boyd H.B., Pedersen F., Cohr K.H., Damborg A., Jakobsen B.M., Kristensen P., Samsoe-Petersen L.* Exposure scenarios and guidance values for urban soil pollutants // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 1999. Vol. 30, P. 197-208.

108. *Bradl H.B. (ed.)* Heavy Metals in the Environment. Interface // Science and Technology. 2005. London: Elsevier Ltd. Vol. 6. 269 p.

109. *Bullock P., Gregory P.J.* Soils in the Urban Environment. 1991. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 174 p.

110. *Cebula E., Ciba J.* Effects of flooding in southern Poland on heavy metal concentrations in soils // Soil Use and Management. 2005. V. 21. P. 348-351.

111. *Chen T.B., Wong J.W.C., Zhou H.Y., Wong M.H.* Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong // Environmental Pollution. 1997. V. 96, P. 61-68.

112. *Chen T.B., Zheng Y.M., Lei M., Huang Z.C., Wu H.T., Chen H., Fan K.K., Yu K., Wu X., Tian Q.Z.* Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing (China) // Chemosphere. 2005. V. 60. P. 542-551.

113. *Chon H.T., Kim K.W., Kim J.Y.* Metal contamination of soils and dusts in Seoul metropolitan city (Korea) // Environmental Geochemistry and Health. 1995. V. 17, p. 139-146.

114. *Clemens S.* Toxic metal accumulation, Response to Exposure and Mechanisms of tolerant in plants // Biochemie. 2006. № 88(11), p. 1707-1719.

115. *Coby S.C. Wong, Xiangdong Li, Iain Thornton.* Urban environmental geochemistry of trace metals // Environmental Pollution. 2006. V. 142. P. 1-16.

116. *Councell T.B., Duckenfield K.U., Landa E.R., Callender E.* Tire-wear particles as a source of Zn to the environment // Environmental Science and Technology. 2004. V. 38. P. 4206-4214.

117. *Culbard, E.B., Thornton, I., Watt, J., Wheatley, M., Moorcroft, S., Thompson, M.* Metal contamination in British urban dusts and soils // Journal of Environmental Quality. 1988. v. 17, p. 226-234.

118. *De Kimpe C., Morel J.-L.* Urban soil management: a growing concern // Soil Science. 2000. V. 165(1), p. 31-40.

119. *Dragović S, Mihailović N, Gajić B*. Heavy metals in soils: distribution, relationship with soil characteristics and radionuclides and multivariate assessment of contamination sources // Chemosphere. 2008. V. 74, P. 491–495.

120. *Elliott H.A., Liberati M.R., Huang C.P.* Competitive adsorption of heavy metals by soils // J. of Environ. Qual. 1986. V. 15. P. 214-219.

121. *Ferguson C., Darmendrail D., Freier K., Jensen B.K., Jensen J., Kasamas H., Urzelai A. and Vegter J.* Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. 1998. Nottingham: LQM Press. V. 1. 165 p.

122. *Gadd G.M.* Heavy metal accumulation by bacteria and other microorganisms // Experientia. 1990. V. 46. P. 834–840.

123. *Grzebisz, L. Cieśla, J. Komisarek, J. Potarzycki.* Geochemical Assessment of Heavy Metals Pollution of Urban Soils // Polish Journal of Environmental Studies. 2002. Vol. 11 (5), p. 493-499.

124. *Gulson B.T., Tiller K.G., Mizon K.J., Merry R.M.* Use of lead isotopes in soils to identify the sourse of lead contamination near Adelaide South Australia // Environ.Sci.Technol. 1981. V. 15. P.691-696.

125. Heavy metals in Soils / Ed. By Alloway B. J. Y. // Wiley and Sons. New York. 1990. 332 p.

126. *Hemida S.K., Omar S.A., Abdel-Mallek A.Y.* Microbial populations and enzyme activity in soil treated with heavy metals // Water, Air, and Soil Pollution. 1997. V. 95(1–4). P. 13–22.

127. *Kodom K.* Heavy Metal Pollution in Soils from Anthropogenic Activities. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011. 120 p.

128. *Limura R., Ito H., Chino M.* Behaviour of contaminant heavy metals in soil-plant system // Proc. Inst. Sem. Sefmia. Tokyo. 1977. p. 357-364.

129. *Mmlova K. B., Likuku A. S., Gaboutloeloe G. K.* Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana // African Journal of Environmental Science and Technology. 2011. Vol. 5(3), p. 186-196.

130. *Page A.L., Ganje T.J.* Accumulation of lead in soils for regions of high and low motor vehicle traffic density // Environ.Sci.Technol. V.4. 1977. P.140-142.

131. *Robson A.D.* Zinc in soil and plants. Australia: Klumer Acad. Publ. 1993. 320 p.

132. Soils: Basic Concepts and Future Challenges. Cambridge University Press. 2006. 310 p.

133. *Tiller K.G.* Heavy metals in soils and their environmental significance // Advances in soil science. 1989. Vol.9. P. 113-142.

134. *Tiller K.G., Smith L.N., Merry R.N., Clayton P.M.* The dispersal of automotive lead from metropolitan Adelaide into adjacent rural areas // Australian Journal of soil Science. 1987. V.25. P. 155-166.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Описания почвенных разрезов

Разрез №1 (ЦАО1)

Москва, ЦАО, 1-й Зачатьевский пер, д. 8/9.

Территория строительства жилого здания с помещениями общественного назначения и подземной автостоянкой на территории предназначенной под строительство жилых зданий.

Жилая функциональная зона.

U1da1 (0-8см) – свежий, серый, супесчаный, уплотненный, плитчато-мелкокомковатая структура, с включениями корней, с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытового мусора);

U2ha2 (8-20см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне серовато-бурые пятна, супесчаный, уплотненный, горизонтально-ориентированная структура, с примесью антропогенных включений менее 25% (строительно-бытовой мусор), переход ясный по окраске и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3ha1 (20-41см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, уплотненный, горизонтально-ориентированная структура; с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске и количеству включений, граница волнистая;

U4 (41-69см) – свежий, окраска неоднородная: на серо-буром фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально-ориентированная структура; переход четкий по структуре, граница волнистая;

B (69-100см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по окраске и структуре, граница волнистая;

BC (100-121см) – свежий, переходный, светло-бурый с желтовато-бурыми пятнами, глыбисто-призматической структуры, постепенно переходит в не измененную почвообразованием породу

С (121-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, глыбистой структуры, плотный, при определении плотности нож скрипит о камни.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №2 (ЦАО2)

Москва, ЦАО, 1-й Зачатьевский пер, д. 8/9.

Территория строительства жилого здания с помещениями общественного назначения и подземной автостоянкой на территории предназначенной под строительство жилых зданий.

Жилая функциональная зона.

U1da1 (0-10см) – свежий, серый, супесчаный, уплотненный, плитчато-комковатая структура, много корней, с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытового мусора);

U2ha2 (10-22см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне серовато-бурые пятна, супесчаный, уплотненный, горизонтально-ориентированная структура, с примесью антропогенных включений менее 25% (строительно-бытовой мусор), переход ясный по окраске и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3ha1 (22-46см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, уплотненный, горизонтально-ориентированная структура; с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске и количеству включений, граница волнистая;

U4 (46-72см) – свежий, окраска неоднородная: на серо-буром фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально-ориентированная структура; переход четкий по структуре, граница волнистая;

В (72-103см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по окраске и структуре, граница волнистая;

BC (103-133см) – свежий, переходный, бурый с желтовато- бурыми пятнами, глыбисто-призматической структуры, постепенно переходит в не измененную почвообразованием породу;

C (133-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, глыбистой структуры, плотный, при определении плотности нож скрипит о камни.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №3 (ЦАО3)

Москва, ЦАО, ул. Земляной Вал, вблизи д. 20/50.

Территория жилого дома, буквой П, внутри которого расположено малое торговое предприятие.

Многофункциональная общественная зона.

U1da1 (0-7см) – свежий, серый, супесчаный, уплотненный, плитчато-комковатая структура, с включениями корней, с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытового мусора);

U2ha2 (10-19см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне темно-серые и бурые пятна, супесчаный, уплотненный, горизонтально-ориентированная структура, с примесью антропогенных включений менее 25% (строительно-бытовой мусор), переход ясный по окраске и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3ha1 (19-35см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на буровато-темно-сером фоне бурые пятна, супесчаный, уплотненный, горизонтально-ориентированная структура; с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске и количеству включений, граница волнистая;

U4 (35-52см) – свежий, окраска неоднородная: на серо-буром фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально-ориентированная структура; переход четкий по структуре, граница ровная;

B (52-85см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по окраске и структуре, граница волнистая;

BC (85-106см) – свежий, переходный, светло-бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры, постепенно переходит в неизмененную почвообразованием породу

C (106-180см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, глыбистой структуры, плотный, при определении плотности нож скрипит о камни.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №4 (ЮЗАО1)

Москва, ЮЗАО, Новоясеневский проспект, вл. 7.

Территория строительства торгово-досугового центра. К западу от рассматриваемой территории на расстоянии около 1 км расположена граница промзоны № 62 «Теплый стан», основными предприятиями которой являются 18-й автобусный парк и Коньковский водопроводный регулирующий узел.

Жилая функциональная зона.

U1ha2 (0-20см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые пятна, супесчаный, антропогенно переуплотненный, горизонтально ориентированная структура, с примесью антропогенных включений менее 25% (строительно-бытового мусора);

U2ha1 (20-41см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне редкие серовато-бурые пятна, супесчаный, уплотненный, плитчато-комковатая структура, с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытовой мусор), переход постепенный по окраске и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3 (41-64см) – свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, комковато-плитчатая структура; переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (64-87см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (87-113 см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, крупнокомковато-глыбистый, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (113-140 см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбистый, постепенно переходит в неизмененную почвообразованием породу;

C (140-200см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, глыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №5 (ЮЗАО2)

Москва, ЮЗАО, Новоясеневский проспект, вл. 7.

Территория строительства торгово-досугового центра. К западу от рассматриваемой территории на расстоянии около 1 км расположена граница промзоны № 62 «Теплый стан», основными предприятиями которой являются 18-й автобусный парк и Коньковский водопроводный регулирующий узел.

Жилая функциональная зона.

U1ha1 (0-22см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые пятна, супесчаный, антропогенно переуплотненный, плитчато-комковатая структура, с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытового мусора);

U2ha1 (22-44см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне редкие серовато-бурые пятна, супесчаный, уплотненный, плитчато-комковатая структура, с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытовой мусор), переход постепенный по окраске и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3 (44-67см) – свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, крупнокомковатая горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (67-90см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (90-118 см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, крупнокомковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (118-141 см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный глыбисто-призматической структуры, постепенно переходит в неизмененную почвообразованием породу;

C (141-200см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, глыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез№6 (ЮАО1)

Москва, ЮАО, ул. Красного Маяка, вл. 17.

Территория, расположенная вблизи жилого дома.

Жилая функциональная зона.

U1ha2 (0-24см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые пятна, супесчаный, антропогенно сильно уплотнен, комковато-плитчатая структура, с примесью антропогенных включений менее 25%(строительно-бытового мусора);

U2a1 (24-50см) – свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне редкие бурые пятна, супесчаный, уплотненный, горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных антропогенных включений (строительно-бытовой мусор), переход четкий по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница ровная;

B2 (50-71см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-глыбистая структура, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (71-88 см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный глыбисто-призматической структуры;

C (88-160см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, глыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №7 (ЮАО2)

Москва, ЮАО, ул. Красного Маяка, вл. 17.

Территория, расположенная вблизи жилого дома.

Жилая функциональная зона.

U1ha1 (0-26см) – гумусированный, свежий, темно-серый, супесчаный, антропогенно-сильноуплотненный, комковато-плитчатая структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора);

U2a1 (26-51см) – свежий, серый, супесчаный, уплотненный, плитчато-комковатая структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход четкий по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница ровная;

B (51-83см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, призматическая структура, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (83-97см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный глыбисто-призматической структуры;

C (97-180см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №8 (ЮАО3)

Москва, ЮАО, ул. Красного Маяка, вл. 17.

Территория, расположенная вблизи жилого дома.

Жилая функциональная зона.

U1ha1 (0-21см) – гумусированный, свежий, темно-серый, супесчаный, антропогенно-сильноуплотненный, комковато-плитчатая структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора);

U2a1 (21-54см) – свежий, серый, супесчаный, уплотненный, плитчато-комковатая структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход четкий по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница ровная;

B (54-79см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, призматическая структура, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (79-95см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный глыбисто-призматической структуры;

C (95-150см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №9 (ЮВАО1)

Москва, ЮВАО, ул. Грайвороновская, вл.9.

Территория промышленной зоны №56 «Грайвороново». Почва исследуемого участка находится под влиянием большого количества загрязняющих предприятий промзоны «Грайвороново» (основные предприятия: Карачаровский механический завод и Московский жировой комбинат), а также промзон №23 «Серп и молот» (основные предприятия: «Серп и Молот», ТЭЦ-11, «Компрессор», МСВЗ им. Войтовича), № 24 «Карачарово» (основное предприятие - «Станкоагрегат»), №25 «Волгоградский проспект» (основные предприятия: Московский шинный

завод, ТЭЦ-8), №26 «Южный порт» (основные предприятия: АЗЛК, Южный порт, «Синтез», «Мосспецжелезобетон»).

Многофункциональная общественная зона.

U1ha1 (0-19см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, комковато-плитчатая структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора);

U2a1 (19-33см) – свежий, окраска неоднородная: на сером фоне редкие бурые и темно-бурые пятна, супесчаный, плотный, крупнокомковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3 (33-48см) – свежий, окраска неоднородная: на серо-буром фоне темно-бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход ясный по структуре и окраске, граница волнистая;

U4 (48-71см) – свежий, окраска неоднородная: на буром фоне редкие серые пятна, супесчаный, плотный, плитчато-призматическая структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

BC (71-83см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (83-150см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №10 (ЮВАО2)

Москва, ЮВАО, ул. Грайвороновская, вл.9.

Территория промышленной зоны №56 «Грайвороново». Почва исследуемого участка находится под влиянием большого количества загрязняющих предприятий промзоны «Грайвороново» (основные предприятия: Карачаровский механический завод и Московский жировой

комбинат), а также промзон №23 «Серп и молот» (основные предприятия: «Серп и Молот», ТЭЦ-11, «Компрессор», МСВЗ им. Войтовича), № 24 «Карачарово» (основное предприятие - «Станкоагрегат»), №25 «Волгоградский проспект» (основные предприятия: Московский шинный завод, ТЭЦ-8), №26 «Южный порт» (основные предприятия: АЗЛК, Южный порт, «Синтез», «Мосспецжелезобетон»).

Многофункциональная общественная зона.

U1ha2 (0-20см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, комковато-плитчатая структура, с примесью включений до 25% (строительно-бытового мусора);

U2a1 (20-37см) – свежий, окраска неоднородная: на сером фоне редкие бурые и темно-бурые пятна, супесчаный, плотный, крупнокомковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3 (37-52см) – свежий, окраска неоднородная: на серо-буром фоне темно-бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход ясный по структуре и окраске, граница волнистая;

U4 (52-77см) – свежий, окраска неоднородная: на буром фоне редкие серые пятна, супесчаный, плотный, плитчато-призматическая структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

BC (77-89см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (89-210см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №11 (ЮВАО3)

Москва, ЮВАО, ул. Грайвороновская, вл.9.

Территория промышленной зоны №56 «Грайвороново». Почва исследуемого участка находится под влиянием большого количества загрязняющих предприятий промзоны «Грайвороново» (основные предприятия: Карачаровский механический завод и Московский жировой комбинат), а также промзон №23 «Серп и молот» (основные предприятия: «Серп и Молот», ТЭЦ-11, «Компрессор», МСВЗ им. Войтовича), № 24 «Карачарово» (основное предприятие - «Станкоагрегат»), №25 «Волгоградский проспект» (основные предприятия: Московский шинный завод, ТЭЦ-8), №26 «Южный порт» (основные предприятия: АЗЛК, Южный порт, «Синтез», «Мосспецжелезобетон»).

Многофункциональная общественная зона.

U1ha2 (0-22см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, комковато-плитчатая структура, с примесью включений до 25% (строительно-бытового мусора);

U2a1 (22-35см) – свежий, окраска неоднородная: на сером фоне редкие бурые и темно-бурые пятна, супесчаный, плотный, крупнокомковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3 (35-52см) – свежий, окраска неоднородная: на серо-буром фоне темно-бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход ясный по структуре и окраске, граница волнистая;

U4 (52-73см) – свежий, окраска неоднородная: на буром фоне редкие серые пятна, супесчаный, плотный, плитчато-призматическая структура, переход четкий по структуре и окраске, граница волнистая;

BC (73-87см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (87-150см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №12 (ВАО1)

Москва, ВАО, Открытое шоссе, вл. 24.

Отбор проб проводился в жилом районе «Метрогородок» (2-й квартал) на территории строительства 17-этажного кирпично-монолитного жилого дома. С запада, юга и востока данный микрорайон граничит с Промзоном №53 «Калошино»; с севера – с Открытым шоссе. На севере от рассматриваемой территории находится 1-й квартал «Метрогородка» и парк Лосиный остров.

Жилая функциональная зона.

U1h (0-3см) – свежий, темно-серый, супесчаный, уплотненный, мелкокомковатая структура с признаками горизонтальной делимости, много корней;

U2ha2 (3-27см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне редкие бурые пятна, супесчаный, плотный, крупнокомковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью включений до 25% (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3a1 (27-51см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B (51-72см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, призматическая структура, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (72-115см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (115-240см) – супесчаный, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на флювиогляциальных песках и супесях.

Разрез №13 (ВАО2)

Москва, ВАО, Открытое шоссе, вл. 24.

Отбор проб проводился в жилом районе «Метрогородок» (2-й квартал) на территории строительства 17-этажного кирпично-монолитного жилого дома. С запада, юга и востока данный микрорайон граничит с Промзоном №53 «Калошино»; с севера – с Открытым шоссе. На севере от рассматриваемой территории находится 1-й квартал «Метрогородка» и парк Лосиный остров.

Жилая функциональная зона.

U1h (0-3см) – гумусированный, свежий, темно-серый, супесчаный, уплотненный, мелкокомковатая структура с признаками горизонтальной делимости, много корней;

U2ha2 (3-29см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне редкие бурые пятна, супесчаный, плотный, крупнокомковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью включений до 25% (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3a1 (29-50см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B (50-69см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, призматическая структура, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (69-110см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (110-300см) – супесчаный, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на флювиогляциальных песках и супесях.

Разрез №14 (СВАО1)

Москва, СВАО, Свиблово, мкр. 23, корп. 61.

Территория строительства многоэтажного жилого дома на месте ветхого пятиэтажного дома. Район Свиблово характеризуется отсутствием крупных промышленных предприятий и наличием большого количества ветхого жилья.

Жилая функциональная зона.

U1h (0-3см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, мелкокомковатая структура с признаками горизонтальной делимости, много корней;

U2ha1 (3-33см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне редкие бурые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3a1 (33-50см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (50-81см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (81-107см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, крупнокомковато-глыбистый, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (107-150см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (150-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №15 (СВАО2)

Москва, СВАО, Свиблово, мкр. 23, корп. 61.

Территория строительства многоэтажного жилого дома на месте ветхого пятиэтажного дома. Район Свиблово характеризуется отсутствием крупных промышленных предприятий и наличием большого количества ветхого жилья.

Жилая функциональная зона.

U1h (0-4см) –свежий, серый, гумусированный, супесчаный, уплотненный, мелкокомковатая структура с признаками горизонтальной делимости, много корней;

U2ha2 (3-36см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне редкие бурые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью включений до 25% (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3a1 (36-54см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (54-87см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (87-111см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, крупнокомковато-глыбистый, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (111-152см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (152-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с антропогенными включениями до 25% на покровном суглинке.

Разрез №16 (СВАО3)

Москва, СВАО, Свиблово, мкр. 23, корп. 61.

Территория строительства многоэтажного жилого дома на месте ветхого пятиэтажного дома. Район Свиблово характеризуется отсутствием крупных промышленных предприятий и наличием большого количества ветхого жилья.

Жилая функциональная зона.

U1h (0-4см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, мелкокомковатая структура с признаками горизонтальной делимости, много корней;

U2ha1 (3-34см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне редкие бурые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3a1 (34-54см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (54-84см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (81-114см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, крупнокомковато-глыбистый, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (114-153см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (153-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №17 (СВАО4)

Москва, СВАО, Свиблово, мкр. 23, корп. 61.

Территория строительства многоэтажного жилого дома на месте ветхого пятиэтажного дома. Район Свиблово характеризуется отсутствием крупных промышленных предприятий и наличием большого количества ветхого жилья.

Жилая функциональная зона.

U1h (0-3см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, мелкокомковатая структура с признаками горизонтальной делимости, много корней;

U2ha1 (3-32см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне редкие бурые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3a1 (32-49см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (49-78см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (78-108см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, крупнокомковато-глыбистый, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (108-151см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (151-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №18 (САО1)

Москва, САО, ул. Дыбенко, вблизи вл. 26.

Отбор проб проводился в 19-ом микрорайоне Химки-Ховрино на территории строительства 17-тиэтажного жилого здания. К северо-западу от рассматриваемой территории расположен Химкинский лесопарк.

Жилая функциональная зона.

U1ha1 (0-20см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, комковато-плитчатая структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора);

U2a1 (20-36см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3 (36-58см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне серые и бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

U4 (58-73см) – свежий, окраска неоднородная: на буром фоне буровато-серые пятна, супесчаный, плотный, плитчато-призматическая структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

BC (73-101см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (101-200см) – супесчаный, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на флювиогляциальных песках и супесях.

Разрез №19 (САО2)

Москва, САО, ул. Дыбенко, вблизи вл. 26.

Отбор проб проводился в 19-ом микрорайоне Химки-Ховрино на территории строительства 17-тиэтажного жилого здания. К северо-западу от рассматриваемой территории расположен Химкинский лесопарк.

Жилая функциональная зона.

U1ha1 (0-22см) – гумусированный, свежий, серый, супесчаный, уплотненный, комковато-плитчатая структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора);

U2a1 (22-39см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на сером фоне бурые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре и количеству антропогенных включений, граница волнистая;

U3 (39-62см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне серые и бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

U4 (62-76см) – свежий, окраска неоднородная: на буром фоне буровато-серые пятна, супесчаный, плотный, плитчато-призматическая структура, переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

BC (76-104см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (104-200см) – супесчаный, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на флювиогляциальных песках и супесях.

Разрез №20 (СЗАО1)

Москва, СЗАО, ул. Генерала Глаголева, д. 7.

Отбор проб проводился в 82-ом микрорайоне Хорошево-Мневники на территории ветхого жилья, подлежащего сносу. Территория находится в окружении жилых кварталов; к северу от рассматриваемой территории на

расстоянии 1 км находится промзона №41 «Октябрьское поле» с основным предприятием Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Жилая функциональная зона.

U1h (0-3см) – гумусированный, свежий, темно-серый, супесчаный, уплотненный, комковатая структура, много корней;

U2ha1 (3-21см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые и серые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре, граница волнистая;

U3a1 (21-52см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне темно-серые и бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (52-72см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (72-97см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, крупнокомковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (97-138см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (138-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №21 (СЗАО2)

Москва, СЗАО, ул. Генерала Глаголева, д. 7.

Отбор проб проводился в 82-ом микрорайоне Хорошево-Мневники на территории ветхого жилья, подлежащего сносу. Территория находится в окружении жилых кварталов; к северу от рассматриваемой территории на расстоянии 1 км находится промзона №41 «Октябрьское поле» с основным предприятием Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Жилая функциональная зона.

U1h (0-3см) – гумусированный, свежий, темно-серый, супесчаный, уплотненный, комковатая структура, много корней;

U2ha1 (3-18см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые и серые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре, граница волнистая;

U3a1 (28-53см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне темно-серые и бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (53-76см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (76-99см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, крупнокомковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (99-133см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (133-300см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем сильномощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.

Разрез №22 (ЗАО1)

Москва, ЗАО, проспект Вернадского, вблизи д.6В.

Отбор проб проводился в районе Раменки на территории строящегося многоэтажного жилого здания.

Многофункциональная общественная зона.

U1ha1 (0-22см) – гумусированный, свежий, темно-серый, супесчаный, уплотненный, комковатая структура, много корней, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора);

U2ha1 (22-41см) – гумусированный, свежий, окраска неоднородная: на темно-сером фоне бурые и серые пятна, супесчаный, плотный, комковатая горизонтально-ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход ясный по окраске, структуре, граница волнистая;

U3 (41-64см) – свежий, окраска неоднородная: на буровато-сером фоне темно-серые и бурые пятна, супесчаный, плотный, горизонтально ориентированная структура, с примесью единичных включений (строительно-бытового мусора), переход четкий по структуре и окраске, граница ровная;

B1 (64-88см) – свежий, бурый, легкосуглинистый, плотный, комковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

B2 (88-113см) – свежий, бурый, супесчаный, плотный, крупнокомковато-призматический, переход ясный по структуре, граница волнистая;

BC (113-140см) – свежий, переходный, бурый с желтовато-бурыми пятнами, плотный, глыбисто-призматической структуры;

C (140-200см) – пылеватый суглинок, желто-бурой окраски, крупноглыбистой структуры, плотный.

Название: урбанозем среднемощный супесчаный с единичными антропогенными включениями на покровном суглинке.