

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦИНКОМ И КАДМИЕМ ГОРОДСКИХ ПОЧВ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В мегаполисах наряду с развитой индустрией комфорта обостряются проблемы качества среды обитания. В статье представлены результаты исследования содержания цинка и кадмия в почвах Северо-восточного административного округа г. Москвы. Дана оценка загрязнения почв данными тяжелыми металлами в зависимости от функциональной принадлежности территорий исследуемого округа.

Ключевые слова: экологическая безопасность, загрязнение городских почв, тяжелые металлы, цинк, кадмий.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 16 августа 2017 г.

Почвенный мониторинг является основным источником информации для оценки состояния и качества почв и земель, особенно в условиях г. Москвы (как мегаполиса). Результаты сбора, постоянной актуализации и анализа наблюдений с созданием картографических материалов как неотъемлемой части работ, повышающих информационную поддержку принятия решений по управлению урбанизированными территориями используются для подготовки различных управленческих решений, которые направлены, в первую очередь, на предотвращение процессов, ухудшающих состояние почвенного покрова [1].

Экологическое состояние городских почв описывается совокупностью показателей химических свойств почвы и протекающих в ней процессов, зависящих от основных факторов почвообразования. Для оценки химического состояния почв используют различные показатели: содержание гумуса, макро- и микроэлементов (в том числе **тяжёлые металлы (ТМ)**), суммы обменных катионов, рН водной и солевой вытяжек и пр. [2].

Основная часть ТМ поступает в почвы аэрогенным путем и их распределение в почвах можно рассматривать как долговременный индикатор степени экологического благополучия или неблагополучия городских территорий.

Целью данного исследования являются оценка степени загрязнения цинком и кадмием (отнесённых согласно ГОСТ 17.4.1.02-83¹ к первому классу опасности химических веществ) и изучение пространственного загрязнения данными металлами почв **Северо-восточного административного округа (СВАО)** г. Москвы, в состав которого входят территории 17 административных районов.

¹ ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения

На территории СВАО г. Москвы в зоне жилой застройки в основном распространены урбаноземы (слабо- и среднегумусированные, среднеспособные) с примесью городского мусора, формирующиеся на грунтах разного происхождения и на культурном слое, а также экраноземы (запечатанные почвы) – закрытые асфальтобетоном и иным дорожным покрытием, зданиями и сооружениями. В промышленных зонах почвы представлены в разной степени химически загрязнёнными индустриземами на насыпных и привозных грунтах, частично сохраняются урбаноземы, значительные площади заняты запечатанными почвами. Мелкими участками фрагментированы интруземы, пропитанные в профиле органическими масляно-бензиновыми жидкостями (в основном в местах расположения автозаправочных станций), в районах новостроек – реплантоземы (почвоподобные тела), нанесённых на поверхность рекультивируемой породы из смеси насыпных или других свежих грунтов. Наиболее сохранный почвенный покров представлен в лесопарках и городских лесах, где распространены дерново-подзолистые и дерново-урбоподзолистые почвы. Встречаются также агроурбоземы (культуроземы) – городские почвы ботанических садов, старых огородов, развивающихся на культурном слое или на грунтах разного происхождения, а также некроземы – почвы, входящие в комплекс почв городских кладбищ [2, 3].

Отбор проб почв и земель на территории СВАО проводился с учётом функционального деления территорий города в соответствии с Законом г. Москвы от 5 мая 2010 г. № 17 "О генеральном плане города Москвы". В связи с тем, что цинк и кадмий поступают в городские почвы в основном аэрогенным путём и локализуются преимущественно в поверхностном слое почвы, отбор почвенного материала проводился послойно с двух горизонтов: 0-5 и 5-20 см. Всего с исследуемой территории было отобрано для аналитической обработки 174 образца почвы.

При проведении аналитических исследований в пробах почв определяли величину pH – солевая вытяжка (ГОСТ 26483-85²), содержание органического вещества (гумус) (ГОСТ 26213-91³ – определение по методу Тюрина в модификации ЦИНАО). Валовое содержание ТМ (Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства) и их подвижные формы (РД 52.18.289-90⁴) определялись в лаборатории физико-химического анализа управления научных исследований Ульяновского государственного технического университета методом атомно-адсорбционной спектроскопии как наиболее точного и селективного метода элементного определения, а также ввиду того, что значительное число нормативов качества ориентированы именно на данный метод.

² ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО;

³ ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества;

⁴ РД 52.18.289-90 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом

Опасность загрязнения почв данными элементами оценивалась по существующим нормативам (ГН 2.1.7.20.41-06, ГН 2.1.7.2511-09). Статистическую обработку данных осуществляли по общепринятым стандартным методикам.

Средние значения кислотно-основных характеристик, содержания органического вещества и ТМ – валовых и подвижных форм – по районам СВАО г. Москвы приведены в табл. 1.

По результатам мониторинга почв с территории СВАО г. Москвы в 2016 г. установлено, что величина кислотности в почвах города колеблется в широких пределах. В гумусном слое почвы (глубина 0-5 см): 1,2 % почвенных образцов имеют слабощелочную и щелочную реакцию среды (рН = 7,5-8,5); 44,7 % проб – близкую к нейтральной и нейтральную (рН = 6,5-7,5); 47,1 % проб – слабокислую реакцию (рН = 5,5-6,5); 5,8 % – среднекислую реакцию (рН = 4,5-4,5); сильнокислая реакция (рН = 4-4,5) наблюдалась лишь в одной пробе (1,2 %). В слое почвы глубиной 5-20 см: 9,2 % почвенных образцов имеют слабощелочную и щелочную реакцию среды; 65,5 % – близкую к нейтральной и нейтральную; 18,3 % – слабокислую реакцию; 3,5 % – среднекислую реакцию; 2,3 % – сильнокислую реакцию; очень сильнокислая реакция (рН менее 4) наблюдалась только в одной пробе (1,2 %).

В большинстве проб, взятых с территорий наиболее подверженных антропогенному воздействию, реакция среды выше, чем у природных почв. Это связано с поступлением в них большего количества уличной пыли, содержащей карбонаты, хлориды и другие соли щелочных и щелочноземельных металлов (в первую очередь кальция и магния), источником которой являются автомобильные дороги, промышленные предприятия, а также широко применяемые в г. Москве в холодный период года противогололедные реагенты [2].

На территории СВАО преобладают почвы со средним (содержание гумуса 4-6 %) – 20,7 %; низким (2-4 %) – 28,7 % и очень низким содержанием органического вещества (менее 2 %) – 20,7 % проб почв. Доли проб почв с повышенным (6-8 %) и высоким (более 8 %) содержанием гумуса соответственно составляют 19,5 и 10,4 %. Среднее содержание гумуса в почвах **особо охраняемых природных территорий (ООПТ)**, природных и озеленённых территорий составляет 5,84 %. Для почв территорий с промышленной функциональной принадлежностью – 2,93 % [4].

Избыточное содержание ТМ в городских почвах оказывает угнетающее и токсическое действие на живые организмы и является источником вторичного загрязнения сопредельных сред. Валовое содержание ТМ характеризует общий уровень загрязнённости почв, а доступность элементов для растений и миграционная способность в сопредельные среды ТМ определяется их подвижными формами.

**Обобщённые средние результаты исследования почв и земель
СВАО г. Москвы по районам в 2016 г.**

Наименование района	Глубина отбора проб, см	рН	Гумус ² , %	Валовое содержание металла, мг/кг		Содержание подвижных форм металла, мг/кг	
				Zn	Cd	Zn	Cd
Алексеевский	0-5	6,35±0,08	4,2±0,4	69,0±5,7	0,54±0,05	6,49±0,48	0,249±0,041
	5-20	6,85±0,07	-	68,1±6,6	0,49±0,04	7,89±0,98	0,235±0,043
Алтуфьевский	0-5	6,90±0,14	1,9±0,2	84,5±3,6	0,21±0,04	20,21±1,18	0,127±0,019
	5-20	7,35±0,07	-	65,1±7,4	0,11±0,01	11,06±1,18	0,080±0,006
Бабушкинский	0-5	6,69±0,073	3,0±0,3	66,2±5,3	0,66±0,07	8,02±0,63	0,327±0,062
	5-20	7,01±0,077	-	56,4±4,3	0,76±0,07	5,58±0,72	0,437±0,078
Бибирево	0-5	6,36±0,067	5,5±0,3	66,8±6,8	0,44±0,05	7,26±0,41	0,243±0,035
	5-20	6,73±0,077	-	60,6±6,4	0,34±0,03	5,83±0,77	0,151±0,025
Бутырский	0-5	6,68±0,10	5,0±0,3	71,9±4,5	0,80±0,09	13,24±0,83	0,377±0,047
	5-20	6,88±0,09	-	69,3±5,9	0,66±0,06	6,89±0,63	0,347±0,046
Лианозово	0-5	6,09±0,11	2,1±0,3	66,2±4,6	0,36±0,04	4,84±0,26	0,172±0,019
	5-20	5,97±0,11	-	61,9±3,7	0,29±0,04	3,85±0,38	0,164±0,017
Лосино-островский	0-5	5,69±0,10	2,4±0,3	59,4±3,8	0,56±0,07	5,27±0,36	0,277±0,023
	5-20	6,13±0,08	-	77,5±5,4	0,37±0,04	7,21±0,75	0,153±0,009
Марфино	0-5	6,59±0,09	3,4±0,4	61,4±3,9	0,87±0,07	6,52±0,46	0,382±0,033
	5-20	6,57±0,09	-	58,4±8,8	0,66±0,04	9,38±0,85	0,356±0,017
Марьино	0-5	6,40±0,11	5,1±0,5	83,3±5,3	0,79±0,09	12,80±0,87	0,281±0,044
	5-20	6,74±0,08	-	79,9±6,5	0,71±0,06	12,74±1,26	0,339±0,042
Останкинский	0-5	6,19±0,08	4,2±0,3	64,1±4,1	0,69±0,08	5,12±0,38	0,285±0,042
	5-20	6,32±0,09	-	65,5±6,5	0,69±0,07	5,57±0,59	0,346±0,052
Отрадное	0-5	6,79±0,08	3,6±0,2	58,5±4,5	0,72±0,12	6,99±0,52	0,324±0,045
	5-20	7,10±0,10	-	64,4±7,6	0,67±0,07	6,35±0,61	0,332±0,054
Ростокино	0-5	6,24±0,09	6,1±0,4	75,3±4,7	0,89±0,12	12,16±0,94	0,273±0,041
	5-20	6,80±0,07	-	74,1±6,3	0,67±0,07	9,98±0,90	0,349±0,046
Свиблово	0-5	6,616±0,10	5,1±0,2	62,3±3,7	1,03±0,12	8,46±0,65	0,306±0,045
	5-20	7,09±0,086	-	64,1±5,6	0,78±0,06	5,19±0,54	0,293±0,043
Северное Медведково	0-5	6,16±0,09	6,3±0,3	51,6±4,7	0,59±0,07	4,65±0,33	0,242±0,048
	5-20	6,55±0,08	-	60,7±6,9	0,41±0,03	10,33±1,64	0,221±0,035
Северный	0-5	5,96±0,05	3,78±0,3	63,8±4,1	0,89±0,07	5,79±0,41	0,349±0,049
	5-20	5,42±0,09	-	61,1±7,9	0,94±0,06	4,99±0,52	0,487±0,081
Южное Медведково	0-5	6,34±0,05	2,1±0,3	54,6±4,6	0,88±0,05	9,58±0,56	0,244±0,056
	5-20	6,06±0,09	-	77,8±6,9	0,75±0,06	10,15±0,97	0,338±0,031
Ярославский	0-5	6,62±0,17	2,6±0,3	56,1±3,4	0,55±0,06	6,85±0,77	0,205±0,061
	5-20	6,96±0,085	-	34,3±3,3	0,35±0,04	4,53±0,35	0,214±0,026
ПДК/ОДК*, мг/кг	-	-	-	110-220	1-2	23	0,2

* в соответствии с ГН 2.1.7.20.41-06, ГН 2.1.7.2511-09;

** гумус определялся только в поверхностном слое почвы (глубина 0-5 см)

Фоновое значение вещества в почвах характеризует его уровень содержания, сравнение с которым позволяет обнаружить превышение в аналогичных почвах, подверженных антропогенному воздействию. За фоновое содержание может быть принято количество элемента в погребальных почвах, в ранее опубликованных сведениях о состоянии исследуемых почв до их антропогенного загрязнения, а также сведения о содержании контролируемых элементов в почвах фоновых территорий, удаленных от локальных источников загрязнения на 50-100 км [5]. Кроме того, в качестве фонового уровня используется региональный средний уровень, кларк или среднемировое содержание данного элемента в почве [СП 11-102-97⁵, 6]. Региональные кларки могут иметь по сравнению с кларками земной коры более низкие значения содержания ТМ (табл. 2).

Таблица 2

Фоновый уровень валового содержания тяжелых металлов в почвах, мг/кг

Тяжёлые металлы	[6]	[7]	СП 11-102-97 ¹
Кадмий (Cd)	0,5	-	0,05/0,12/0,24*
Марганец (Mn)	800	540	-
Медь (Cu)	20	15	8/15/25*
Никель (Ni)	40	52	6/30/45
Свинец (Pb)	10	13	6/15/20
Хром (Cr)	200	72	-
Цинк (Zn)	50	35	28/45/68

* соответственно значения даны для почв: дерново-подзолистые и супесчаные/дерново-подзолистые суглинистые и глинистые/черноземы

Результаты исследований на содержание валовых форм цинка в почвах СВАО г. Москвы в 2016 г. показали, что концентрации элемента по сравнению с фоном имеют в основном повышенные значения, но находятся в пределах установленных нормативов. И только в одной пробе концентрация цинка незначительно превышена. Средние значения валового содержания цинка в различных функциональных зонах исследуемого округа примерно одинаковы [8] (рис. 1).

Содержание подвижных форм цинка изменяется по территории СВАО значительно: в горизонте 0-5 см от 0,84 до 33,75 мг/кг (при ПДК 23 мг/кг); в горизонте 5-20 см – от 0,19 до 25,98 мг/кг. Большая часть территории города соответствует нормативам качества по данному элементу. Незначительные превышения норматива подвижных форм цинка были зафиксированы только в 2,3 % образцов почв – в трёх районах СВАО г. Москвы (Марьино роща, Ростокино, район Бутырский) [8] (рис. 2-3).

Содержание подвижных форм цинка в процентном соотношении от валовых колеблется значительно: минимальные и максимальные значения этого параметра соответственно равны – 1,2 и 59,9 % (на глубине 0-5 см); 0,2 и 80,5 (на глубине 5-20 см).

⁵ СП 11-102-97. Свод правил. Инженерно-экологические изыскания для строительства

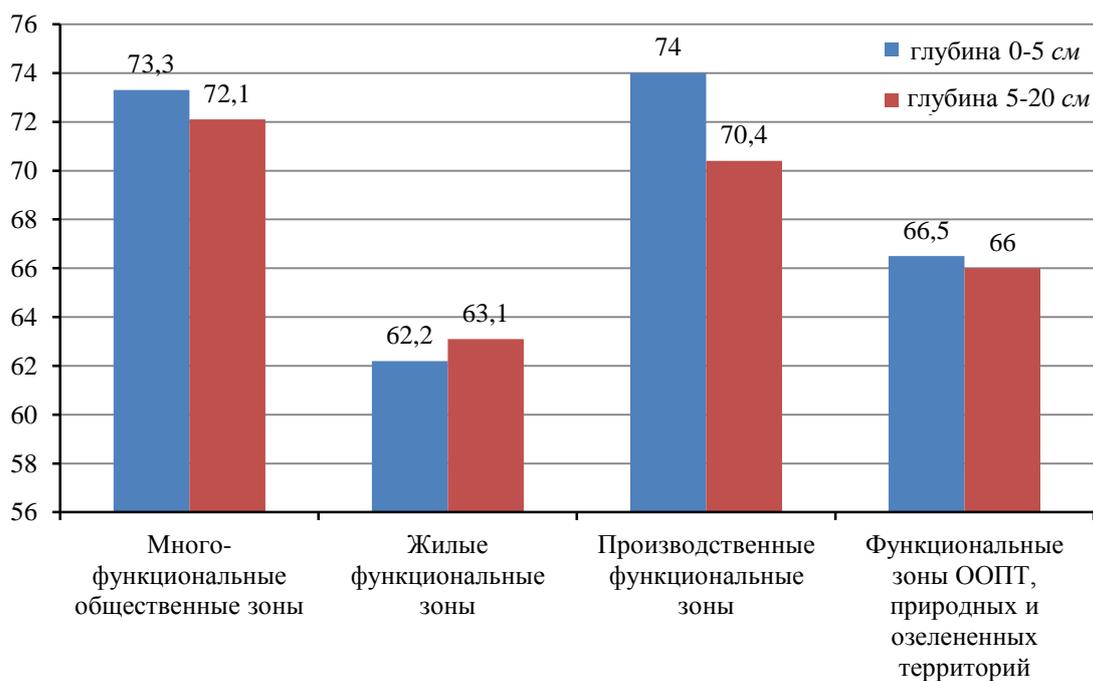


Рис. 1. Валовое содержание цинка в почвах СВАО г. Москвы в зависимости от функциональной принадлежности территорий в 2016 г. (средние значения концентраций в *мг/кг*)

Средние значения содержания подвижных форм цинка на территориях с различной функциональной принадлежностью исследуемого округа приведены на рис. 4.

Результаты исследований на содержание валовых форм кадмия в почвах СВАО г. Москвы в 2016 г. показали, что концентрации элемента по территории округа изменяются от 0,077 до 3,025 *мг/кг* (на глубине 0-5 *см*) и от 0,060 до 2,207 *мг/кг* (на глубине 5-20 *см*). По сравнению с фоном, концентрации валовых форм кадмия имеют в основном повышенные значения, но в подавляющем большинстве образцов почв находятся в пределах установленных нормативов. Незначительные превышения зафиксированы в двух образцах почвы с глубины 0-5 *см* (2,3 % от общего числа проанализированных проб) и в трёх – с глубины 5-20 *см* (3,5 %).

Средние значения валового содержания кадмия в различных функциональных зонах исследуемого округа приведены на рис. 5.

Содержание подвижных форм кадмия изменяется по территории СВАО очень значительно: в горизонте 0-5 *см* от 0,042 до 0,780 *мг/кг* (при ПДК 0,2 *мг/кг*); в горизонте 5-20 *см* от 0,048 до 0,898 *мг/кг*. Большая часть территории города не соответствует нормативам качества по данному элементу. Превышения нормативов были зафиксированы в 68,9 % образцов почв (глубина 0-5 *см*) и в 67,8 % (глубина 5-20 *см*). Превышения концентраций подвижных форм кадмия зафиксированы на различных территориях округа независимо от их функционального назначения (в том числе, в зонах жилой застройки и на ООПТ, природных и озеленённых территориях). Максимальные превышения концентраций кадмия в почвах СВАО по сравнению с нормативным значением составляют более чем 3,2 (глубина 0-5 *см*) и 3,9 раза (глубина 5-20 *см*) (рис. 6, 7).

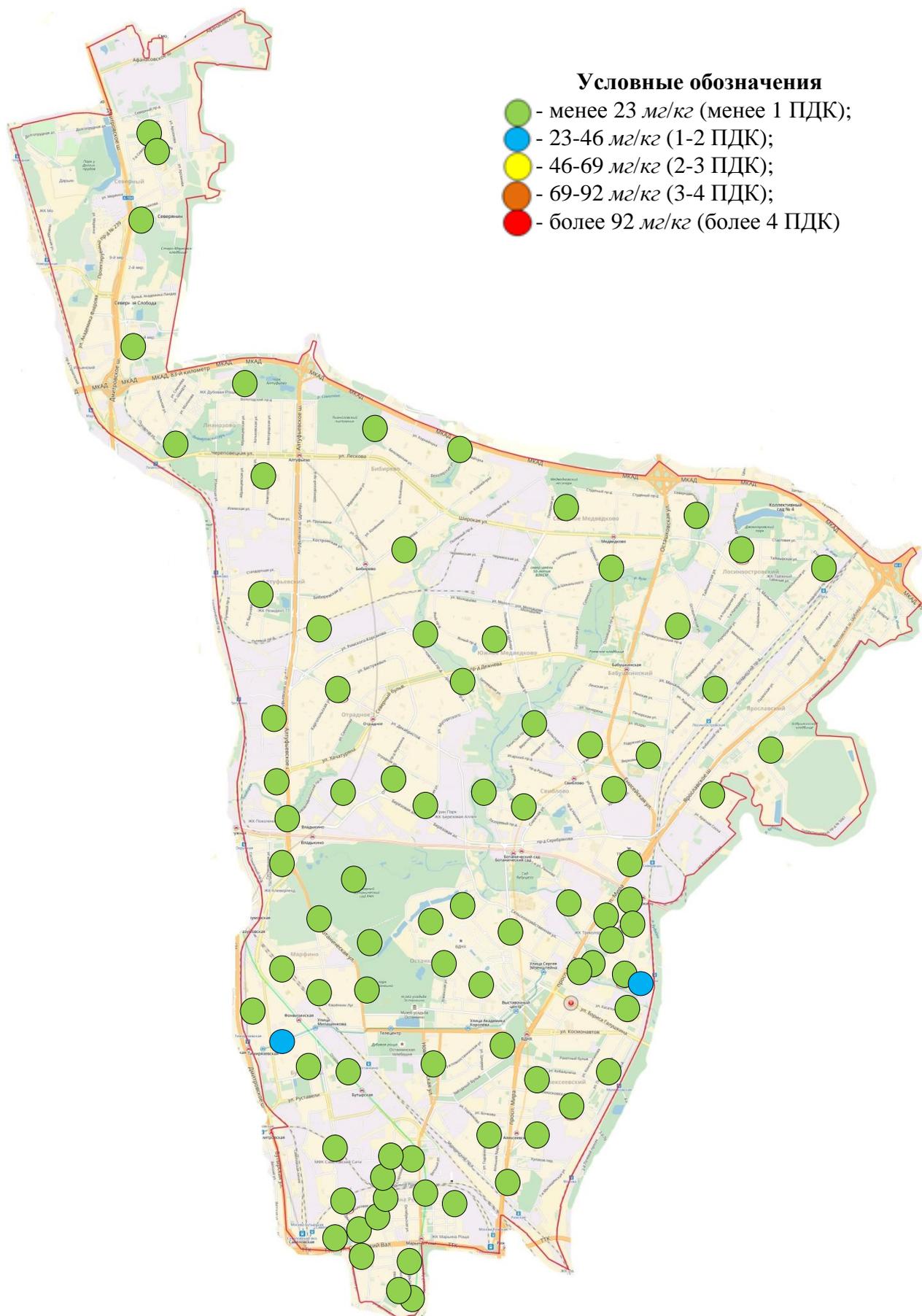


Рис. 2. Карта-схема загрязнения почв СВАО г. Москвы подвижными формами цинка (глубина 0-5 см) в 2016 г.

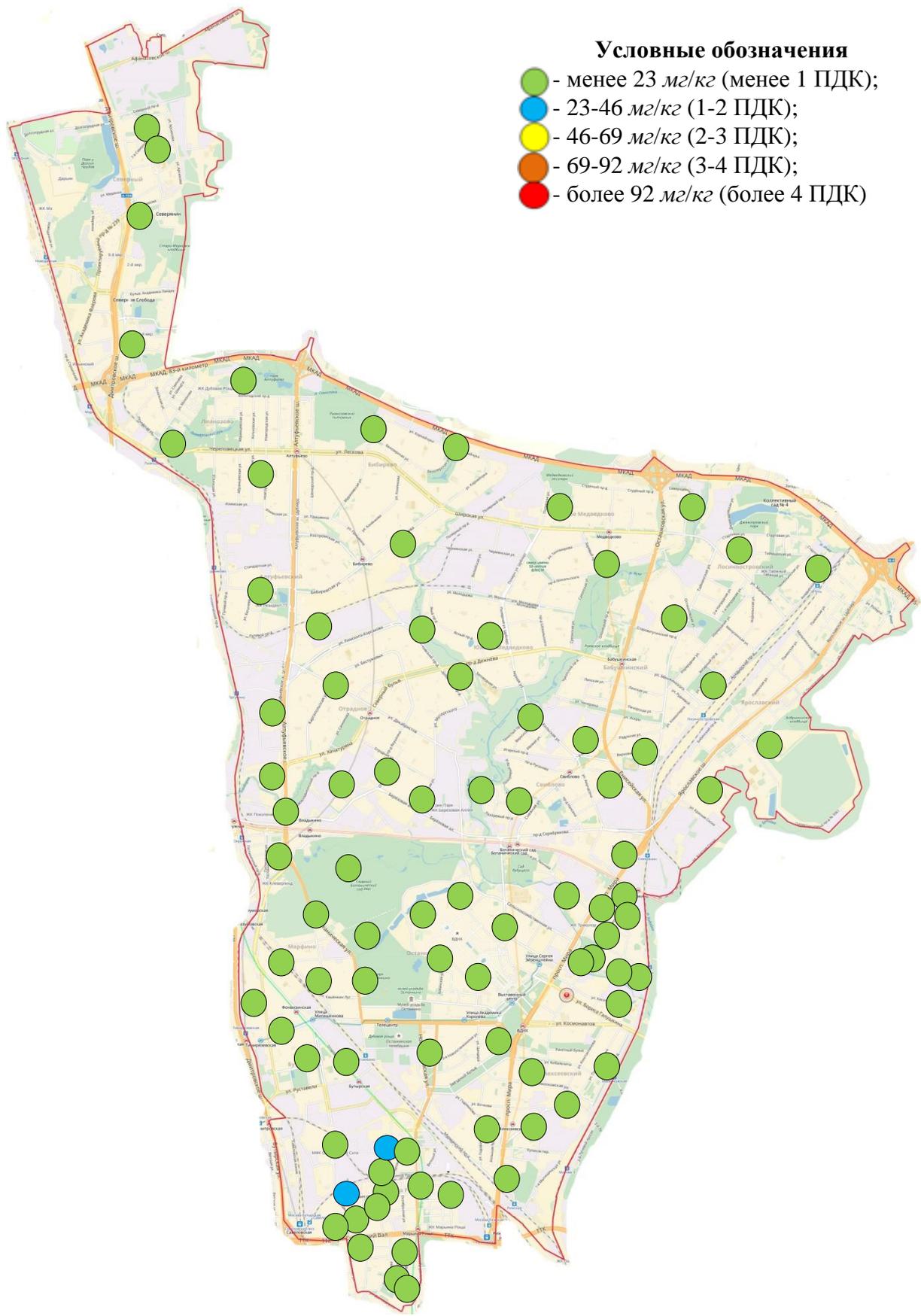


Рис. 3. Карта-схема загрязнения почв СВАО г. Москвы подвижными формами цинка (глубина 5-20 см) в 2016 г.

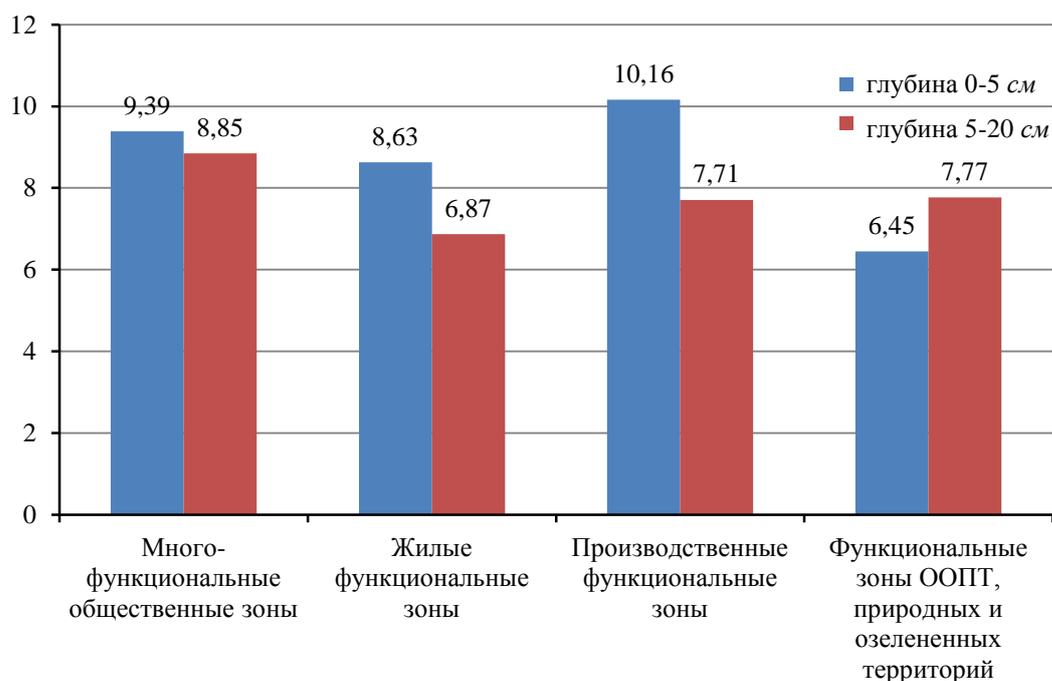


Рис. 4. Содержание подвижных форм цинка в СВАО г. Москвы в зависимости от функциональной принадлежности территорий в 2016 г. (средние значения концентраций в мг/кг)

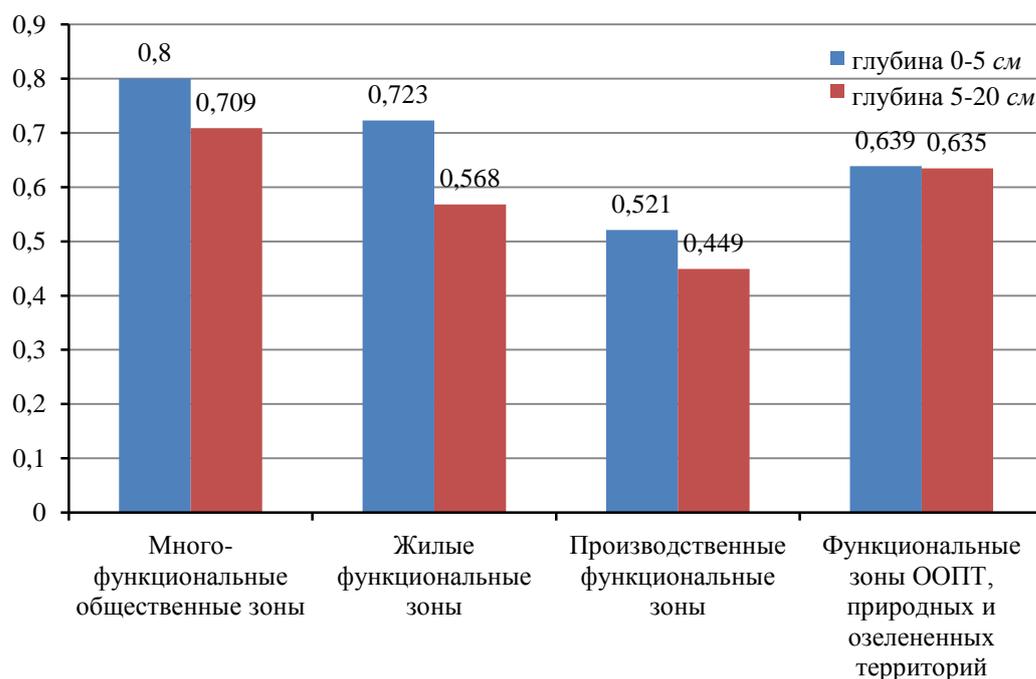


Рис. 5. Валовое содержание кадмия в почвах СВАО г. Москвы в зависимости от функциональной принадлежности территорий в 2016 г. (средние значения концентраций в мг/кг)

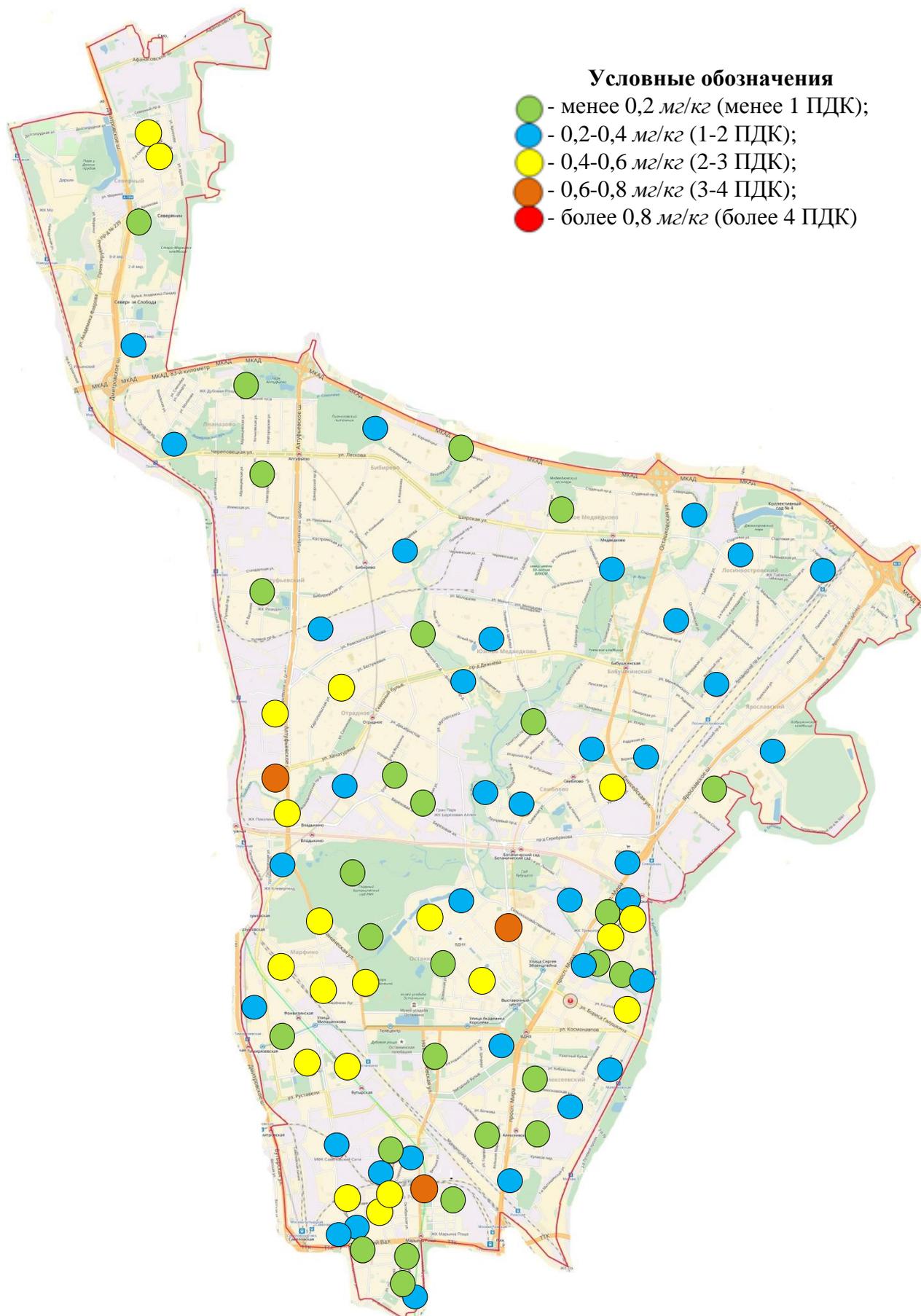


Рис. 6. Карта-схема загрязнения почв Северо-восточного административного округа подвижными формами кадмия (глубина 0-5 см) в 2016 г.

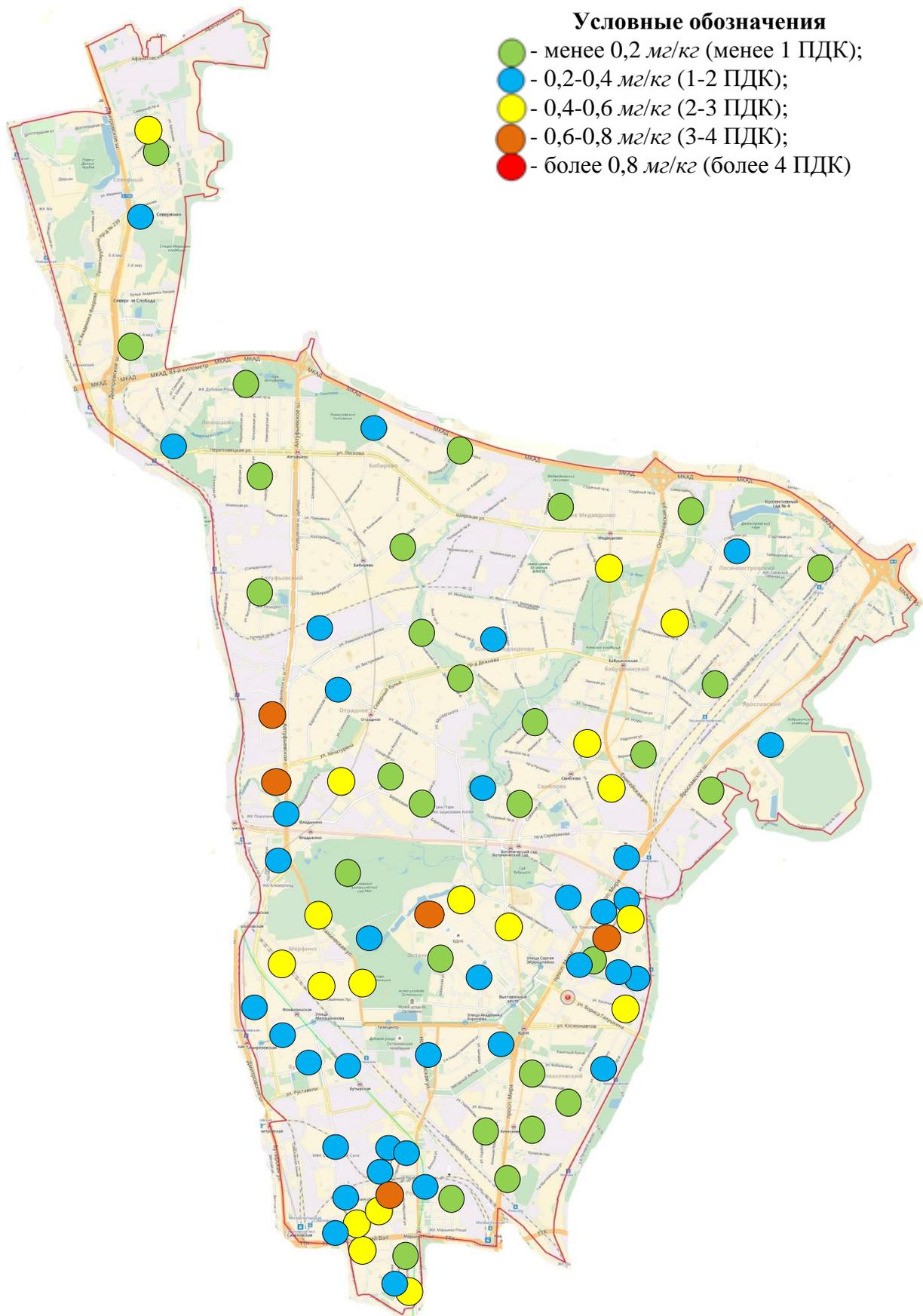


Рис. 7. Карта-схема загрязнения почв Северо-восточного административного округа подвижными формами кадмия (глубина 5-20 см) в 2016 г.

Средние значения содержания подвижных форм кадмия на территориях с различной функциональной принадлежностью СВАО г. Москвы приведены на рис. 8.

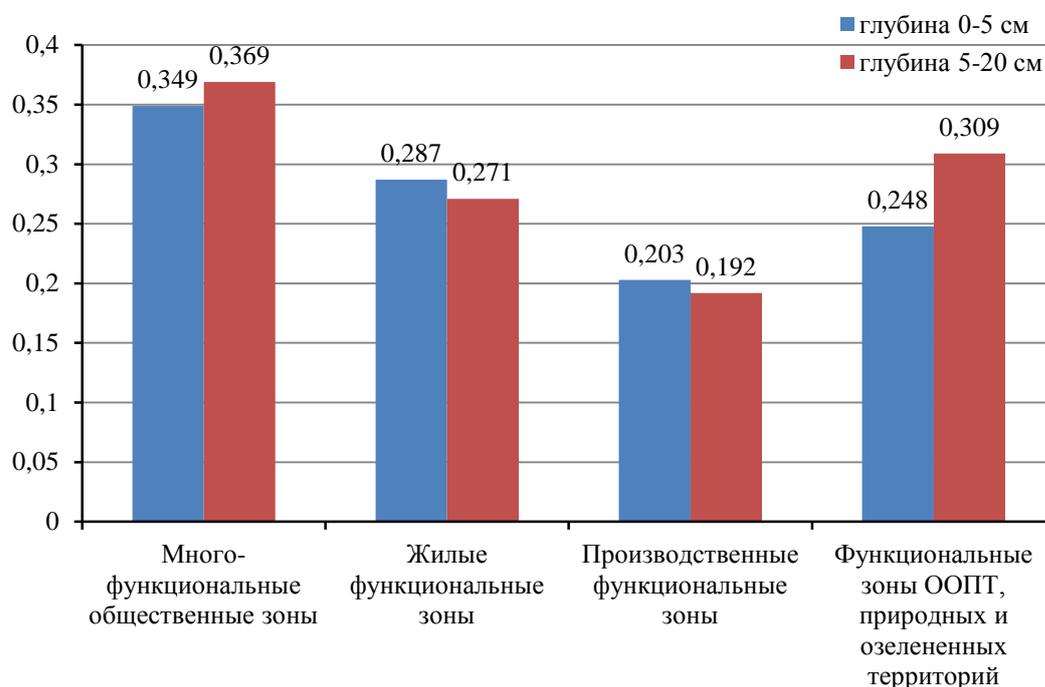


Рис. 8. Содержание подвижных форм кадмия в почвах СВАО г. Москвы в зависимости от функциональной принадлежности территорий в 2016 г. (средние значения концентраций в *мг/кг*)

Содержание подвижных форм кадмия в процентном соотношении от валовых колеблется значительно в зависимости от разных факторов, в первую очередь, от глубины отобранных образцов и функциональной принадлежности территории города. Минимальные и максимальные значения данного параметра соответственно равны: 13,4 и 69,6 % (глубина 0-5 см); 22,6 и 98,9 % (глубина 5-20 см).

Таким образом, пространственное распределение цинка в почвах СВАО г. Москвы достаточно равномерное и в подавляющем большинстве образцов соответствует нормативным значениям. Содержание данного металла в почвенном профиле также имеет достаточно равномерный характер. Различия его содержания в почвах с разной функциональной принадлежностью не существенны. Все это свидетельствует об отсутствии загрязнения цинком почв СВАО г. Москвы.

Содержание кадмия в почвах СВАО г. Москвы напротив характеризуется значительной неравномерностью. Превышения нормативов по данному металлу были зафиксированы в 68,9 % образцов почв (глубина 0-5 см) и в 67,8 % (глубина 5-20 см). Повышенное содержание кадмия вследствие аэрозольного загрязнения в почвах СВАО г. Москвы достаточно хорошо отражает повсе-

местное загрязнение почв независимо от функциональной принадлежности территорий округа. Представленные материалы исследования в виде карт-схем позволяют наглядно выделить очаги загрязнения почв с различной степенью остроты экологических проблем территорий и повысить информационную поддержку принятия решений по управлению комплексной безопасностью на урбанизированных территориях.

Полученная в ходе исследования информация может быть включена в базы данных комплексных картографических материалов г. Москвы.

Литература

1. Наместникова О.В. Мониторинг загрязнения почв хлорорганическими пестицидами в системе обеспечения экологической безопасности города // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2017. № 3. С. 277-286.
2. Наместникова О.В., Бузаева М.В. Мониторинг загрязнения свинцом городских почв в системе обеспечения экологической безопасности урбанизированных территорий // Технологии техносферной безопасности. Вып. 4 (74). 2017. <http://academygps.ru/ttb>.
3. Почвенная карта Москвы. http://www.etomesto.ru/map-eco_pochva/
4. Наместникова О.В. Мониторинг загрязнения свинцом почв и земель крупного города // В сб. статей "Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты". Пермь: ИП Сигитов Т.М., 2017. Вып. 18. С. 14-16.
5. Химическое загрязнение почв и их охрана / Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В., Садовникова Л.К. М.: изд-во "Агропромиздат", 1991. 305 с.
6. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: изд-во АН СССР, 1957. 239 с.
7. Московская область. Загрязнение природной среды, почв. Легенда к карте Московской области. Масштаб 1:350 000 / Картографическое приложение к журналу "Лип", 1993. Вып. 1. М.: Ф-ка им. В.В. Дунаевой, 1993.
8. Наместникова О.В. Оценка загрязнённости почв цинком в системе обеспечения экологической безопасности города // Научные исследования: теория, методика и практика: матер. II междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС "Интерактив плюс", 2017. С. 301-304.

O.V. Namestnikova

MONITORING OF POLLUTION BY ZINC AND CADMIUM OF URBAN SOILS IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF URBANIZED TERRITORIES

Soil monitoring is the main source of information for assessing the condition and quality of soils in large cities.

As a result of the research it was established that the pH in the soils of the Northeast Administrative District (NEAD) of the city of Moscow varies widely. Soil prevails having a neutral, close to neutral and slightly acidic reaction. On the territory of the district, there are mainly soils with medium, low and very low content of organic matter.

The spatial distribution of zinc in the soils of NEAD of Moscow is fairly uniform and in the vast majority of samples corresponds to normative values. The content of this metal in the soil profile is also fairly uniform. The differences in its content in soils with different functionalities are insignificant.

The content of cadmium in the soils of NEAD of Moscow, in contrast, is characterized by considerable unevenness. The excess of the standard value for this metal was recorded in 68.9 % of soil samples (depth 0-5 cm) and in 67.8 % (depth 5-20 cm). The high content of cadmium in the soils of NEAD of Moscow rather well reflects the widespread pollution of soils, regardless of the functional belonging of the territories of the district. The presented research materials in the form of map-schemes allow us to clearly distinguish the centers of soil contamination with different degree of severity of environmental problems in the territories.

Key words: environmental safety, pollution of urban soils, heavy metals, zinc, cadmium.

References

1. Namestnikova O.V. Monitoring zagriazneniia pochv khlororganicheskimi pestitsidami v sisteme obespecheniia ekologicheskoi bezopasnosti goroda (Monitoring of soil contamination of organochlorine pesticides in the system of ecological safety of the city) // Vestnik Moskovskogo finansovo-iuridicheskogo universiteta. 2017. No 3. Pp. 277-286. (in Russ.).
2. Namestnikova O.V., Buzaeva M.V. Monitoring zagriazneniia svintsom gorodskikh pochv v sisteme obespecheniia ekologicheskoi bezopasnosti urbanizirovannykh territorii (Monitoring of lead pollution of urban soils in the system of environmental safety of urban areas) // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. Vyp. 4 (74). 2017. <http://academygps.ru/ttb>. (in Russ.).
3. Pochvennaia karta Moskvy (Soil map of Moscow). http://www.etomesto.ru/map-eco_pochva/ (in Russ.).
4. Namestnikova O.V. Monitoring zagriazneniia svintsom pochv i zemel krupnogo goroda (Monitoring of lead pollution of soils and lands of a large city) // V sb. statei "Razvitie sovremennoi nauki: teoreticheskie i prikladnye aspekty". Perm: IP Sigitov T.M., 2017. Vyp. 18. Pp. 14-16. (in Russ.).
5. Khimicheskoe zagriaznenie pochv i ikh okhrana (Chemical pollution of soils and their protection) / Orlov D.S., Malinina M.S., Motuzova G.V., Sadovnikova L.K. M.: izd-vo "Agropromizdat", 1991. 305 p. (in Russ.).
6. Vinogradov A.P. Geokhimiia redkikh i rasseiannykh khimicheskikh elementov v pochvakh (Geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils). M.: izd-vo AN SSSR, 1957. 239 p. (in Russ.).
7. Moskovskaia oblast. Zagriaznenie prirodnoi sredy, pochv. Legenda k karte Moskovskoi oblasti. Masshtab 1:350 000 (Moscow region. Pollution of the natural environment, soil. Legend of the map of Moscow region. Scale 1: 350 000) / Kartograficheskoe prilozhenie k zhurnalu "Lip", 1993. Vyp. 1. M.: F-ka im. V.V. Dunaevoi, 1993. (in Russ.).
8. Namestnikova O.V. Otsenka zagriaznennosti pochv tsinkom v sisteme obespecheniia ekologicheskoi bezopasnosti goroda (Assessment of soil contamination by zinc in the system of ensuring ecological safety of the city) // Nauchnye issledovaniia: teoriia, metodika i praktika: mater. II mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Cheboksary: TsNS "Interaktiv plus", 2017. Pp. 301-304. (in Russ.).