

**О.В. Наместникова<sup>1</sup>, М.В. Бузаева<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Академия ГПС МЧС России; <sup>2</sup>Ульяновский государственный технический университет; e-mail: ovnamestnikova@inbox.ru)

## **МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СВИНЦОМ ГОРОДСКИХ ПОЧВ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Представлены результаты исследования содержания свинца в почвах Северо-восточного административного округа (СВАО) г. Москвы. Дана оценка загрязнения почв свинцом в зависимости от функциональной принадлежности территорий исследуемого округа.*

*Ключевые слова: экологическая безопасность, загрязнение городских почв, тяжёлые металлы, свинец.*

**O.V. Namestnikova, M.V. Buzaeva**

## **MONITORING OF POLLUTION BY LEAD OF URBAN SOILS IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF URBANIZED TERRITORIES**

*The results of research on the content of lead in the soils of the North-Eastern Administrative District (NEAD) of Moscow are presented. The evaluation of soil contamination with lead depending on the functional destination of the territories of the studied district was given.*

*Key words: environmental safety, pollution of urban soils, heavy metals, lead.*

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

В последние годы многочисленные разносторонние исследования функционирования городских территорий осуществляются с приоритетом экологического подхода. Это продиктовано тем, что на сравнительно небольших территориях города сосредоточены высокие концентрации населения, промышленного производства и транспорта, которые в совокупности непрерывно преобразуют окружающую среду с образованием антропогенных ландшафтов. Вследствие чего неизбежно происходит обострение экологических проблем различного характера [1].

Одним из основных условий устойчивого развития городской территории является создание на ней благоприятной экологической обстановки, особенно в условиях г. Москвы, как мегаполиса. Наличие различных источников поступления загрязняющих веществ и их вклад в загрязнение *окружающей среды (ОС)* г. Москвы, неоднородность застройки даже в рамках одного района подчёркивают необходимость проведения анализа урбанизированной территории в разрезе отдельных административных округов.

Почвы и земли являются естественным геохимическим барьером, способным накапливать большие количества загрязняющих веществ, поэтому почвы – один из наиболее информативных показателей техногенного загрязнения городских территорий. Экологическое состояние почв города описывается совокупностью показателей химических свойств почвы и протекающих в ней процессов, зависящих от основных факторов почвообразования. Для оценки химического состояния почв используют следующие показатели: содержание гумуса, макро- и микроэлементов (в том числе *тяжёлые металлы (ТМ)*), суммы обменных катионов, рН водной и солевой вытяжек и пр.

Основная часть ТМ поступает в почвы за счёт атмосферных выпадений и их распределение в почвах можно рассматривать как долговременный индикатор степени экологического благополучия/неблагополучия городских территорий.

С целью изучения пространственного загрязнения почвенного покрова города свинцом были проведены исследования почв *Северо-восточного административного округа (СВАО)* г. Москвы, в состав которого входят территории 17 административных районов. На данной территории расположено пять крупных промышленных зон: № 11 "Огородный проезд", № 49 "Бескудниково", № 50 "Алтуфьевское шоссе", № 51 "Медведково", № 52 "Северянин", на территории которых расположено большое количество работающих промышленных объектов. Округ характеризуется значительной транспортной нагрузкой, относительно высоким среднесуточным содержанием пыли в воздухе. Наиболее сильно это проявляется на основных транспортных магистралях округа: Алтуфьевском, Дмитровском, Ярославском шоссе, проспекте Мира, улицах Сушевский вал, Осташковская, Енисейская, Бутырская [2].

На территории СВАО г. Москвы в зоне жилой застройки в основном распространены урбаноземы (слабо- и среднегумусированные, среднемошные) 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 (культуросемы) – 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 [3].

Отбор проб почв и земель на территории СВАО проводился с учётом функционального деления территорий города (в соответствии с Законом города Москвы от 5 мая 2010 г. № 17 "О генеральном плане города Москвы"). В связи с тем, что свинец поступает в почвы города в основном аэрогенным путем и локализуется преимущественно в поверхностном слое почвы, отбор почвенного материала из разрезов 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 рН (солевая вытяжка) (ГОСТ 26483-85), содержание органического вещества (гумус) (ГОСТ 26213-91 – определение по методу Тюринга в модификации ЦИНАО). Валовое содержание свинца (Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (п. 4.5.1)) и его подвижные формы (РД 52.18.289-90) определялись 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. Опасность загрязнения почв свинцом оценивалась по существующим нормативам (ГН 2.1.7.20.41-06, МУ 2.1.7.730-99). Статистическую обработку данных осуществляли по общепринятым стандартным методикам.

Ранее были проведены и опубликованы некоторые исследования по загрязнению территорий СВАО г. Москвы различными органическими соединениями, в том числе стойкими органическими загрязнителями [4-7].

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

**Кислотность почв.** Водородный показатель (рН) влияет на интенсивность почвообразовательных процессов, доступность питательных элементов растениям, а также на подвижность токсичных соединений. Почвы, обладая буферными свойствами, в пределах незначительных изменений кислотно-щелочной реакции среды не испытывают негативных последствий. Нарушение реакции почв под влиянием антропогенного воздействия, как в сторону подкисления (уменьшения значений рН), так и подщелачивания (увеличения значений рН) и длительном воздействии процессов в зависимости от гумусного состояния почв может приводить к понижению устойчивости экосистемы и деградации почвы с изменением её свойств.

Обменная кислотность обусловлена наиболее подвижной частью ионов водорода, находящихся в почвенно-поглощающем комплексе почв. Извлекаемая раствором хлорида калия (солевая вытяжка) наиболее подвижных ионов водорода и алюминия кислотность, является наиболее вредной. По ней определяют степень кислотности почв [8].

**Обобщённые средние результаты исследования почв и земель  
Северо-восточного административного округа г. Москвы по районам в 2016 г.**

Наименование Района	Глубина отбора проб, см	pH	Гумус <sup>2</sup> , %	Валовое содержание свинца, мг/кг	Содержание подвижных форм свинца, мг/кг
Алексеевский	0-5	6,35 ± 0,08	4,2 ± 0,4	32,4 ± 5,1	8,53 ± 1,41
	5-20	6,85 ± 0,07	-	20,3 ± 2,6	3,64 ± 0,31
Алтуфьевский	0-5	6,90 ± 0,14	1,9 ± 0,2	15,9 ± 5,4	8,42 ± 2,09
	5-20	7,35 ± 0,07	-	11,9 ± 2,7	4,61 ± 0,40
Бабушкинский	0-5	6,69 ± 0,073	3,0 ± 0,3	32,2 ± 7,3	4,84 ± 0,38
	5-20	7,01 ± 0,077	-	16,5 ± 2,3	3,80 ± 0,28
Бибирево	0-5	6,36 ± 0,067	5,5 ± 0,3	25,9 ± 2,9	4,19 ± 0,42
	5-20	6,73 ± 0,077	-	20,4 ± 1,6	3,37 ± 0,25
Бутырский	0-5	6,68 ± 0,10	5,0 ± 0,3	34,8 ± 6,0	6,70 ± 1,36
	5-20	6,88 ± 0,09	-	22,7 ± 2,7	4,72 ± 0,33
Лианозово	0-5	6,09 ± 0,11	2,1 ± 0,3	28,5 ± 4,0	13,08 ± 1,47
	5-20	5,97 ± 0,11	-	15,2 ± 1,3	4,75 ± 0,42
Лосиноостровский	0-5	5,69 ± 0,10	2,4 ± 0,3	26,4 ± 4,1	6,84 ± 1,08
	5-20	6,13 ± 0,08	-	17,9 ± 2,6	4,95 ± 0,45
Марфино	0-5	6,59 ± 0,09	3,4 ± 0,4	26,1 ± 4,2	5,48 ± 0,82
	5-20	6,57 ± 0,09	-	21,8 ± 1,5	3,44 ± 0,29
Марьино	0-5	6,40 ± 0,11	5,1 ± 0,5	58,2 ± 9,6	14,57 ± 2,21
	5-20	6,74 ± 0,08	-	38,3 ± 3,6	8,72 ± 0,75
Останкинский	0-5	6,19 ± 0,08	4,2 ± 0,3	24,8 ± 3,9	5,59 ± 0,73
	5-20	6,32 ± 0,09	-	20,3 ± 2,4	3,72 ± 0,38
Отрадное	0-5	6,79 ± 0,08	3,6 ± 0,2	29,7 ± 4,8	5,22 ± 0,61
	5-20	7,10 ± 0,10	-	21,2 ± 2,3	2,75 ± 0,26
Ростокино	0-5	6,24 ± 0,09	6,1 ± 0,4	36,3 ± 5,6	8,95 ± 1,22
	5-20	6,80 ± 0,07	-	22,6 ± 2,5	5,06 ± 0,45
Свиблово	0-5	6,616 ± 0,10	5,1 ± 0,2	33,3 ± 7,8	7,88 ± 1,41
	5-20	7,09 ± 0,086	-	27,4 ± 2,7	8,36 ± 0,66
Северное Медведково	0-5	6,16 ± 0,09	6,3 ± 0,3	19,8 ± 3,4	3,73 ± 0,38
	5-20	6,55 ± 0,08	-	13,6 ± 1,7	2,89 ± 0,18
Северный	0-5	5,96 ± 0,05	3,78 ± 0,256	28,3 ± 4,4	3,60 ± 0,33
	5-20	5,42 ± 0,09	-	22,8 ± 3,1	2,65 ± 0,33
Южное Медведково	0-5	6,34 ± 0,05	2,1 ± 0,3	32,9 ± 7,2	3,99 ± 0,45
	5-20	6,06 ± 0,09	-	30,1 ± 2,1	3,41 ± 0,48
Ярославский	0-5	6,62 ± 0,17	2,6 ± 0,3	24,5 ± 6,5	6,36 ± 0,34
	5-20	6,96 ± 0,085	-	20,1 ± 3,9	5,48 ± 0,59
ПДК <sup>1</sup> , мг/кг	-	-	-	32	6

<sup>1</sup> в соответствии с ГН 2.1.7.20.41-06, МУ 2.1.7.730-99;

<sup>2</sup> гумус определялся только в поверхностном слое почвы (глубина 0-5 см)

По результатам мониторинга почв с территории СВАО г. Москвы в 2016 г. установлено, что величина кислотности корнеобитаемого слоя в городских почвах колеблется в широких пределах. В верхнем 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 противогололёдные реагенты.

**Содержание органического вещества.** Показатели содержания органического вещества (гумус) отражают совокупность биохимических, физических и физико-химических свойств почв. Органическое вещество городских почв имеет важное значение в охране почв от загрязнения. Оно способно накапливать значительные количества различных антропогенных поллютантов, препятствуя их миграции в сопредельные среды. Однако возможности органического вещества прочно удерживать загрязняющие вещества не безграничны.

По результатам мониторинга почв в 2016 г. установлено, что 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 %.

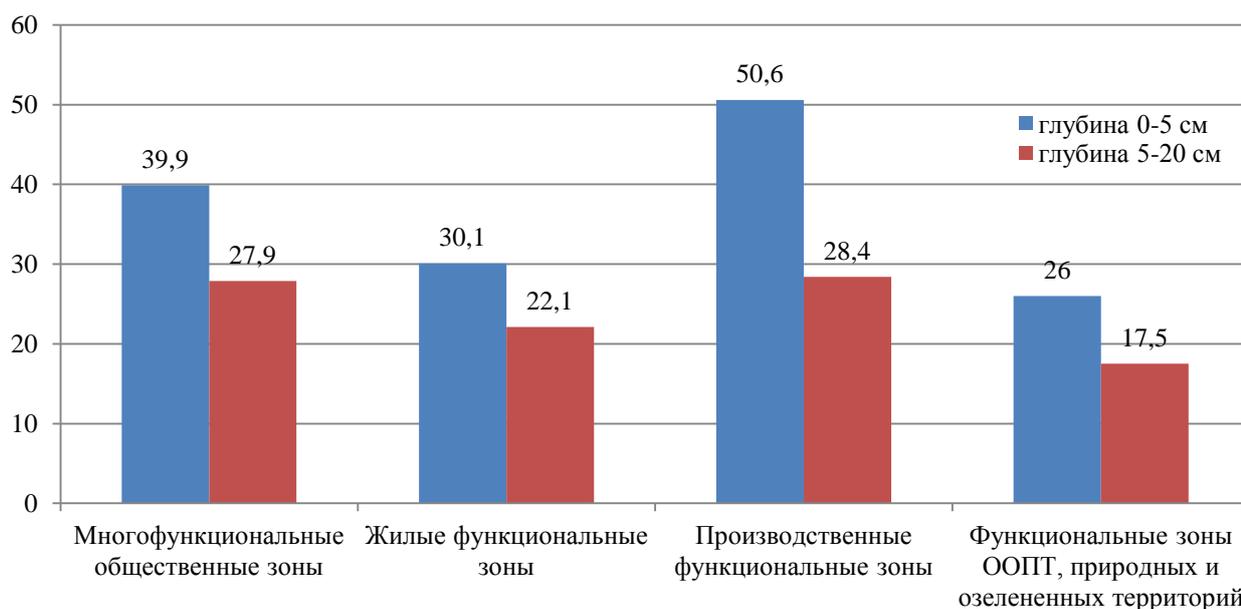
Среднее содержание гумуса в почвах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), природных и озеленённых территорий составляет 5,84 %. Однако пространственное распределение значений параметра на данных территориях в исследуемом округе крайне неравномерное (диапазон измеряемых значений: от 0,98 до 9,22 %). Наиболее низкие величины содержания органического вещества характерны для почв территорий с промышленной функциональной принадлежностью: среднее содержание гумуса составляет 2,93 % (диапазон определяемых значений: от 1,19 до 3,57 %).

**Содержание свинца.** 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 загрязненности почв, а доступность элементов для растений и миграционная способность в сопредельные среды ТМ определяется их подвижными формами.

Результаты исследований на содержание валовых форм свинца в почвах СВАО г. Москвы в 2016 г. показало наличие достаточно обширных очаговых участков с превышением нормативов. Доля проб с превышением нормативных значений от общего числа исследуемых образцов почв составляет 43,7 % (глубина 0-5 см) и 14,9 % (глубина 5-20 см). Превышения концентраций валового содержания свинца зафиксированы на различных территориях округа независимо от их функциональной принадлежности (в том числе в зонах жилой застройки и на ООПТ, природных и озеленённых территориях). Максимальные превышения концентраций свинца в почвах СВАО по сравнению с нормативным значением (ПДК = 32 мг/кг) составляют более чем в 3,9 (глубина 0-5 см) и 2,6 (глубина 5-20 см) раза.

Средние значения валового содержания свинца в различных функциональных зонах территорий исследуемого округа приведены на рис. 1.

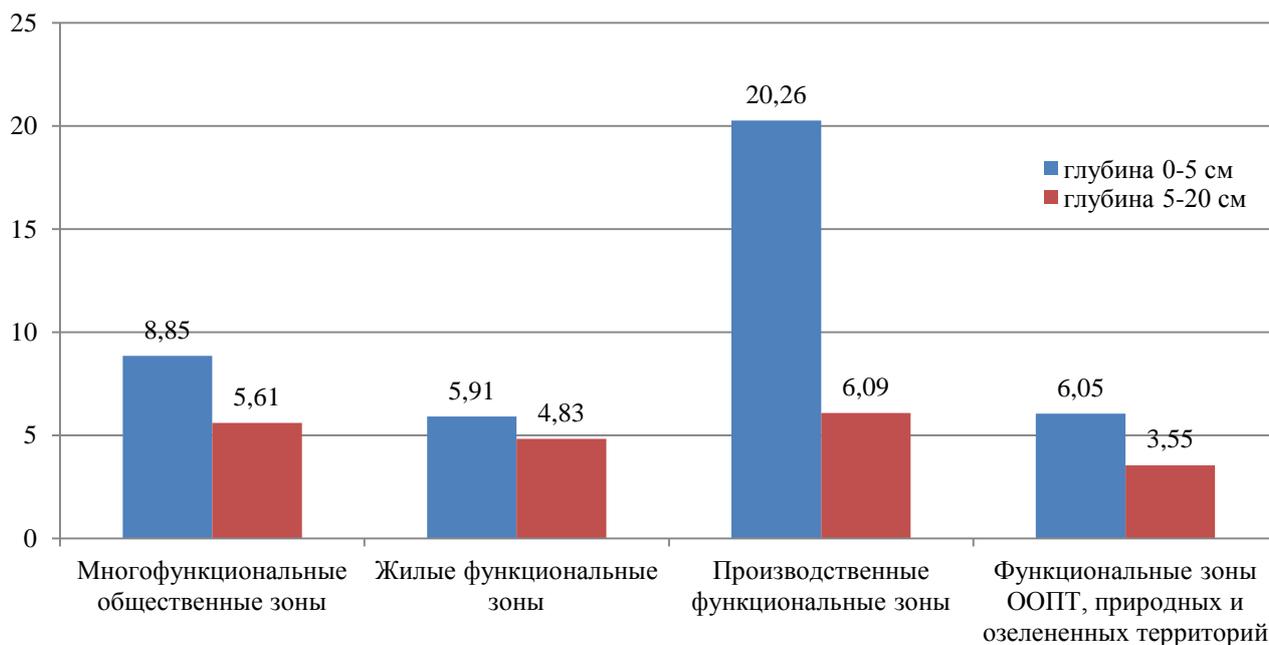


**Рис. 1.** Валовое содержание свинца в почвах Северо-восточного административного округа г. Москвы в зависимости от функциональной принадлежности территорий в 2016 г. (средние значения концентраций в мг/кг)

Содержание подвижных форм свинца изменяется по территории СВАО значительно: в горизонте 0-5 см от 0,9 до 34,2 мг/кг (при ПДК = 6 мг/кг); в горизонте 5-20 см: от 1,1 до 20,7 мг/кг. Значительная часть территории города не соответствует нормативам качества по данному элементу. Превышения нормативов были зафиксированы в 48,3 % образцов почв с глубины 0-5 см и 24,1 % с глубины 5-20 см. Превышения концентраций подвижных форм свинца зафик-

сированы 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 свинца в почвах СВАО по сравнению с нормативным значением составляют более чем 5,2 (глубина 0-5 см) и 3,1 (глубина 5-20 см) раза.

Средние значения содержания подвижных форм свинца на территориях с различной функциональной принадлежностью исследуемого округа приведены на рис. 2.

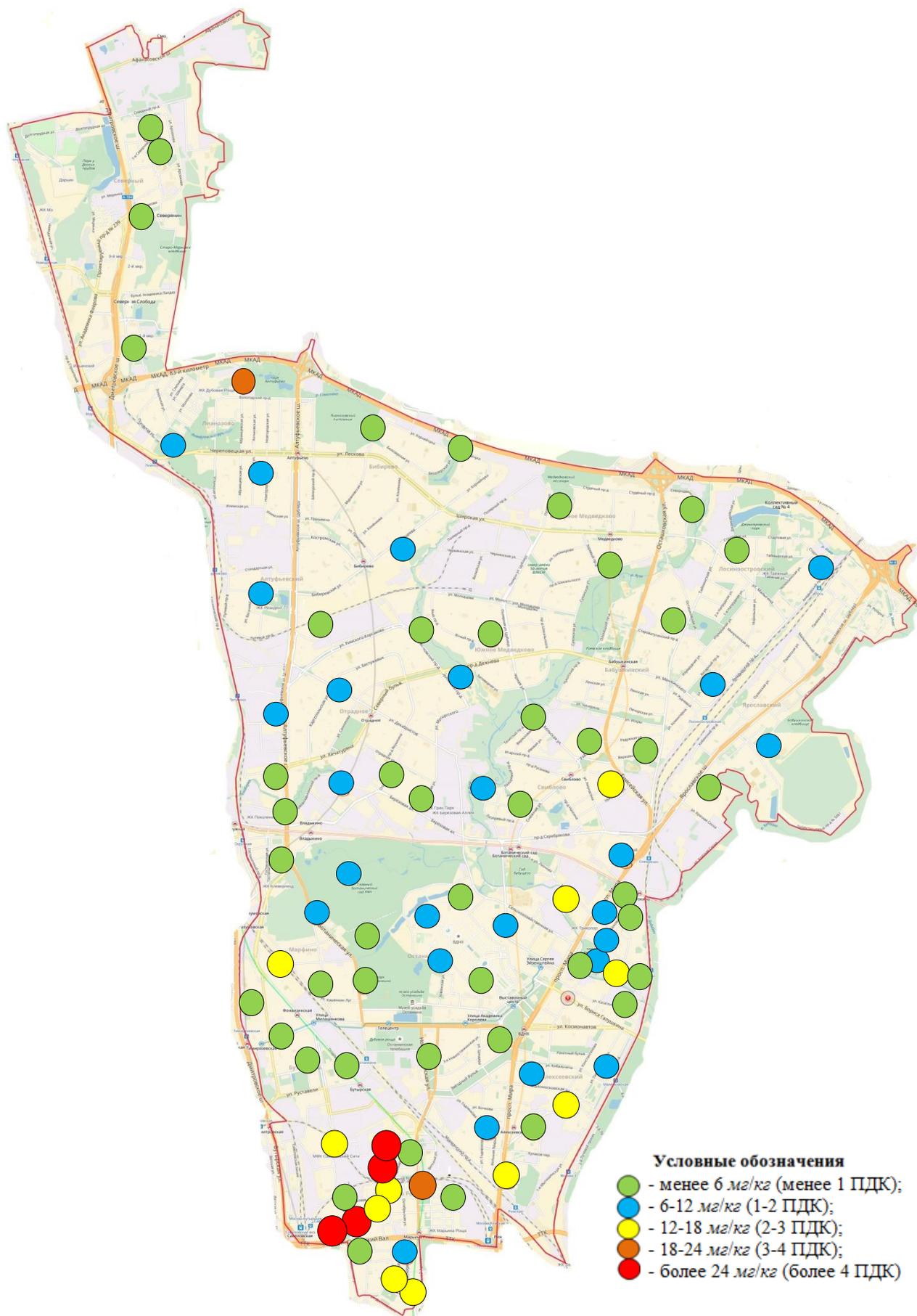


**Рис. 2.** Содержание подвижных форм свинца в почвах Северо-восточного административного округа г. Москвы в зависимости от функциональной принадлежности территорий в 2016 г. (средние значения концентраций в мг/кг)

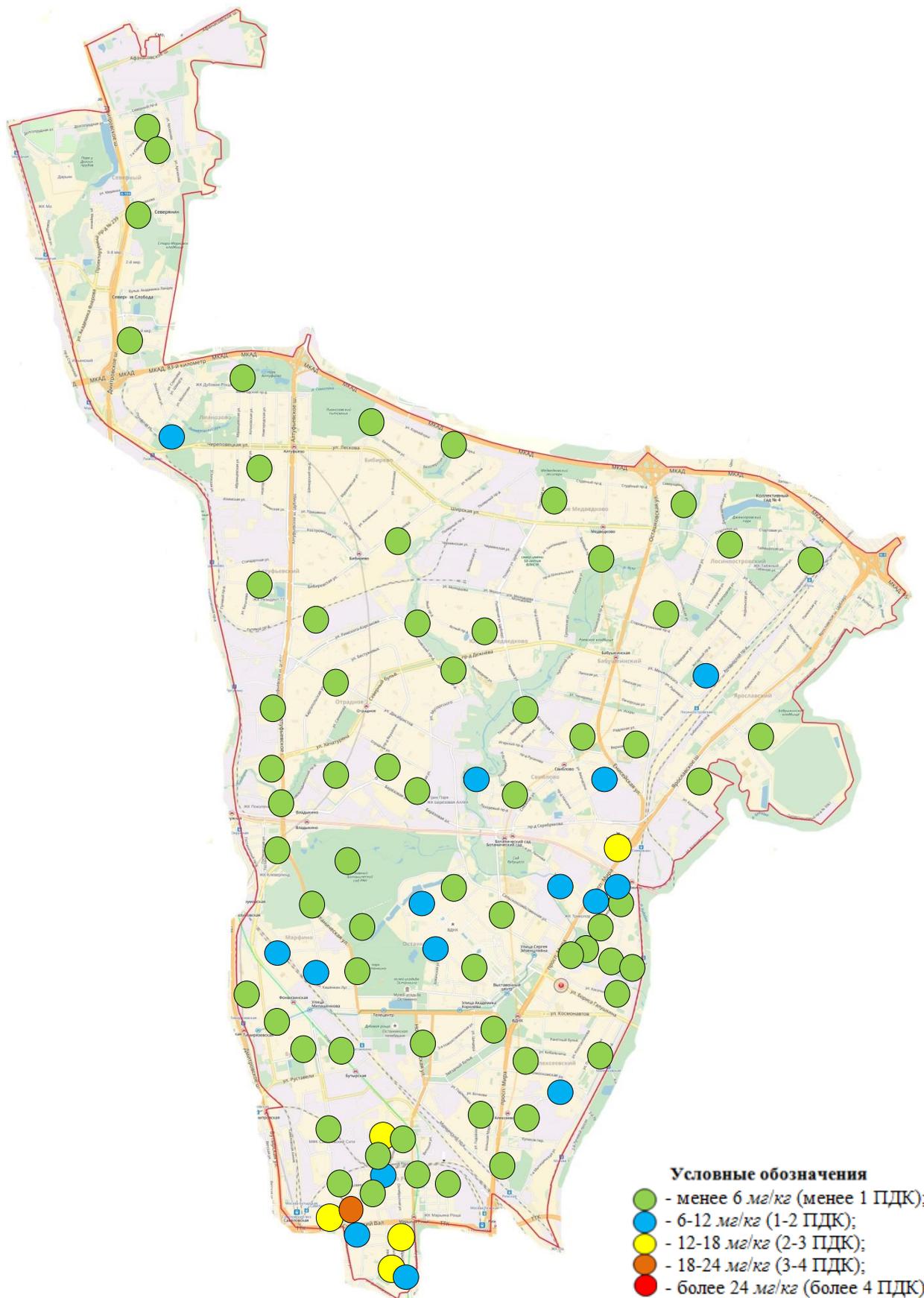
Содержание подвижных форм ТМ в процентном соотношении от валовых значительно колеблется в зависимости от разных факторов, в первую очередь от глубины отобранных образцов и функциональной принадлежности территории города. Минимальные и максимальные значения этого параметра соответственно равны 3,62 и 77,06 %.

Представление материалов исследования в виде карт-схем позволяет более 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.

По результатам проведённых исследований были составлены карты-схемы содержания подвижных форм свинца, характеризующие состояние городских почв на рассматриваемой территории (рис. 3-4).



**Рис. 3.** Карта-схема загрязнения почв Северо-восточного административного округа подвижными формами свинца (глубина 0-5 см) в 2016 г.



**Рис. 4.** Карта-схема загрязнения почв Северо-восточного административного округа подвижными формами свинца (глубина 5-20 см) в 2016 г.

Сравнение результатов мониторинга загрязнения свинцом почв СВАО г. Москвы 2016 г. с данными, полученными в предыдущие годы [9], показало, что свинец продолжает оставаться приоритетным загрязнителем почв г. Москвы. Стабильно высокой также остаётся активность подвижных форм металла.

Таким образом, пространственное распределение свинца в почвах СВАО г. Москвы характеризуется значительной неравномерностью. Повышенное содержание металла вследствие аэрозольного загрязнения (в первую очередь валовое содержание) в почвах СВАО г. Москвы достаточно хорошо отражает повсеместное загрязнение свинцом почв независимо от функциональной принадлежности территорий округа. Карты-схемы распределения элемента по территории округа наглядно отображают изученные тенденции.

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

### Литература

1. Наместникова О.В., Аванесян Н.М. Картографирование результатов эколого-геохимических исследований городских территорий // Технологии техносферной безопасности. Вып. 3 (67). 2016. С. 250-258. <http://academygps.ru/ttb>.
2. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году // Правительство Москвы, департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. [http://www.dpioos.ru/eco/ru/report\\_result/o\\_433590](http://www.dpioos.ru/eco/ru/report_result/o_433590).
3. Почвенная карта Москвы. [http://www.etomesto.ru/map-eco\\_pochva/](http://www.etomesto.ru/map-eco_pochva/)
4. Наместникова О.В. Загрязнение бензапиреном почв Северо-восточного административного округа города Москвы // В сб. статей "Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты" / Под общ. ред. Т.М. Сигитова. Вып. 13. Пермь: ИП Сигитов Т.М., 2017. С. 37-39.
5. Наместникова О.В. Содержание бензапирена в почвах крупного города // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (72). 2017. С. 289-295. <http://academygps.ru/ttb>.
6. Наместникова О.В. Содержание полихлорированных бифенилов в городских почвах // Научные исследования и современное образование // Матер. междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС "Интерактив плюс", 2017. С. 14-16.
7. Наместникова О.В. Содержание хлорорганических пестицидов в почвах крупного города // В сб. статей "Актуальные вопросы развития территорий: теоретические и прикладные аспекты" / Под общ. ред. Т.М. Сигитова. Вып. 15. Пермь: ИП Сигитов Т.М., 2017. С. 7-10.
8. Смагин А.В., Шоба С.А., Макаров О.А. Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства (на примере г. Москва). М.: изд-во Моск. ун-та, 2008. 360 с.
9. Наместникова О.В. Мониторинг почвенного покрова в системе обеспечения экологической безопасности города // Труды XXIII Международной конференции "Проблемы управления безопасностью сложных систем". М.: РГГУ, 2015. С. 303-306.

## References

1. Namestnikova O.V., Avanesian N.M. Kartografirovaniye rezultatov ekologo-geokhimicheskikh issledovaniy gorodskikh territorii (Mapping of the results of ecological-geochemical investigations of urban areas) // *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*. Vyp. 3 (67). 2016. Pp. 250-258. <http://academygps.ru/ttb>.
2. Doklad o sostoianii okruzhaiushchei sredy v gorode Moskve v 2014 godu (A report on the state of environment in Moscow in 2014) // Pravitelstvo Moskvy, departament prirodopolzovaniia i okhrany okruzhaiushchei sredy goroda Moskvy. [http://www.dpioos.ru/eco/ru/report\\_result/o\\_433590](http://www.dpioos.ru/eco/ru/report_result/o_433590).
3. Pochvennaia karta Moskvy (Soil map of Moscow). [http://www.etomesto.ru/map-eco\\_pochva/](http://www.etomesto.ru/map-eco_pochva/)
4. Namestnikova O.V. Zagriaznenie benzapirenom pochv Severo-vostochnogo administrativnogo okruga goroda Moskvy (Benzopyrene pollution of the soils of the North-Eastern administrative district of Moscow) // V sb. statei "Razvitie sovremennoi nauki: teoreticheskie i prikladnye aspekty" / Pod obshch. red. T.M. Sigitova. Vyp. 13. Perm: IP Sigitov T.M., 2017. Pp. 37-39.
5. Namestnikova O.V. Soderzhanie benzapirena v pochvakh krupnogo goroda (Content of benzopyrene in the soil of a large city) // *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*. Vyp. 2 (72). 2017. Pp. 289-295. <http://academygps.ru/ttb>.
6. Namestnikova O.V. Soderzhanie polikhlorirovannykh bifenilov v gorodskikh pochvakh (Content of polychlorinated biphenyls in urban soils) // *Nauchnye issledovaniia i sovremennoe obrazovanie* // Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Cheboksary: TsNS "Interaktiv plus", 2017. Pp. 14-16.
7. Namestnikova O.V. Soderzhanie khlororganicheskikh pestitsidov v pochvakh krupnogo goroda (Content of organochlorine pesticides in soils of major cities) // V sb. statei "Aktualnye voprosy razvitiia territorii: teoreticheskie i prikladnye aspekty" / Pod obshch. red. T.M. Sigitova. Vyp. 15. Perm: IP Sigitov T.M., 2017. Pp. 7-10.
8. Smagin A.V., Shoba S.A., Makarov O.A. Ekologicheskaia otsenka pochvennykh resursov i tekhnologii ikh vosproizvodstva (na primere g. Moskva) (Ecological assessment of soil resources and technologies of their reproduction (on the example of Moscow)). M.: izd-vo Mosk. un-ta, 2008. 360 p.
9. Namestnikova O.V. Monitoring pochvennogo pokrova v sisteme obespecheniia ekologi-cheskoi bezopasnosti goroda (Monitoring of soil cover in the system of ecological safety of the city) // *Trudy XXIII Mezhdunarodnoi konferentsii "Problemy upravleniia bezopasnostiu slozhnykh sistem"*. M.: RGGU, 2015. Pp. 303-306.