

УДК 504.054: 204.056

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ТЕРРИТОРИИ НОВОЙ МОСКВЫ

© 2023 г. А. С. Гусева^{1,*}, член-корреспондент РАН В. А. Петров¹

Поступило 27.12.2022 г.

После доработки 31.01.2023 г.

Принято к публикации 06.02.2023 г.

С 2012 г. территория Москвы увеличилась в 2 раза, к Москве был присоединен Троицкий и Новомосковский административный округ (ТиНАО). В связи с тем, что ранее эта территория входила в состав Московской области, детальных исследований экологического состояния почв не проводилось. В период с 2019 по 2020 г. для оценки загрязненности почв некоторых районов Новой Москвы, как на участках лесных территорий, так и вблизи техногенных объектов, являющихся потенциальными источниками загрязнения, были отобраны пробы глубиной до 10 см и проанализированы методом рентгенофлуоресцентного анализа на содержание V, Ni, Pb, Cu, Zn. Выявлено, что в настоящее время обследованные участки характеризуются допустимым уровнем загрязнения, превышения предельно-допустимых концентраций не обнаружено. Показано, что антропогенная деятельность способствует техногенному загрязнению почв. Рекомендуется проводить ежегодный экологический мониторинг с целью раннего выявления очагов загрязнения.

Ключевые слова: Новая Москва, тяжелые металлы, загрязненность почв

DOI: 10.31857/S2686739722602940, **EDN:** FFWZRK

ВВЕДЕНИЕ

С 1 июля 2012 г. территория Москвы увеличилась в 2 раза. 19 городских и сельских поселений Ленинского, Наро-Фоминского и Подольского районов Московской области вошли в состав Троицкого и Новомосковского административных округов (ТиНАО) г. Москвы [1].

В соответствии с [2], развитие территории города направлено на обеспечение экологической безопасности. Для того чтобы сохранить и улучшить состояние окружающей среды, необходимо соблюдать баланс между сохранением природы и социально-экономическим развитием города. Проведение исследований, направленных на изучение экологического состояния территории и выявление проблемных участков и площадей, подвергающихся чрезмерному техногенному воздействию, способствуют соблюдению этого баланса.

Д.В. Власов, Н.С. Касимов, С.Б. Самаев, Д.А. Волгин, Е.М. Никифорова и др. ранее проводили и проводят большое количество исследований, посвященных изучению экологического

состояния Москвы в пределах Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД). Для территории Новой Москвы таких детальных исследований не проводилось.

Со времени присоединения новых территорий прошло 10 лет. За это время издано несколько сборников, посвященных экологическим проблемам Новой Москвы: “Геоэкологические проблемы Новой Москвы” [3] и “Старая и Новая Москва: тенденции и проблемы развития” [4], опубликована статья “Серия карт эколого-географической оценки земельных ресурсов территории Новой Москвы” [5].

Ряд ученых [6, 7] рассмотрели основные наиболее значимые экологические риски развития Новой Москвы, тенденции загрязнения атмосферы от стационарных источников и автотранспорта, нагрузку на водный бассейн. На момент вхождения в состав Москвы территории считались “эталонными”, относительно чистыми с точки зрения загрязнения. Однако уже тогда было несколько “проблемных” участков: полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО), аэропорты Внуково и Осташево как источник акустического и вибрационного загрязнения, крупные автомобильные трассы, некоторые промышленные предприятия. Поэтому актуальность представленного исследования не вызывает сомнений: оно позволяет оценить экологическое состояние

¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: alexandra.guseva2011@yandex.ru

территории на период 2019–2020 гг. (т.е. спустя 7 лет после ее присоединения и начала активной застройки) и сформулировать направления дальнейших мероприятий.

Ранее авторы провели геоэкологическую и радиоэкологическую оценку территории Новой Москвы [1]. В предлагаемой работе рассчитана геохимическая нагрузка, характеризующаяся суммарным показателем загрязнения почв, некоторых участков Новой Москвы. Именно почвы являются хорошим индикатором состояния окружающей среды, поскольку загрязняющие вещества способны сохраняться в них долгие годы [8].

ТЕХНОГЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ НОВОЙ МОСКВЫ

Территория Новой Москвы характеризуется низким уровнем загрязнения, объем выбросов в атмосферу (CO , SO_2 , NO , NO_2) на данной территории составляет 10–13% суммарного выброса Москвы. Основной вклад вносят поселки, расположенные вдоль Калужского шоссе, что связано с размещением здесь инфраструктуры газопровода, идущего к “старой” Москве, и работающие на мазуте котельные. Усиление смыва с урбанизированных территорий и увеличение объема сточных вод привели к загрязнению водотоков Новой Москвы биогенными элементами, взвешенными веществами и тяжелыми металлами уже в 2016 г. Серьезными источниками антропогенного воздействия на природную среду, прежде всего шумового, являются аэродромы. Быстрый прирост численности населения вызывает рост городской застройки и запыление территории при строительстве, нарушение естественных ландшафтов, усиление смыва с поверхности и ливневых стоков [6, 7].

В пределах территории Новой Москвы расположено несколько объектов, оказывающих негативное влияние на состояние окружающей среды: аэропорты “Внуково” и “Остафьево”; полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) “Саларьево”, “Сосенки”, “Малинки”; Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований (ТРИНИТИ), завод Мосрентген, Камвольная фабрика. Так же через территорию проходят крупные транспортные магистрали: Киевское, Варшавское и Калужское шоссе (рис. 1).

Полигоны ТКО “Саларьево” и “Сосенки” в настоящее время рекультивированы, а “Малинки” закрыт. К сожалению, исследований о влиянии полигона “Малинки” на состояние окружающей среды не проводилось.

Согласно исследованиям, проведенным другими авторами в 2015 г., в пределах полигона ТКО “Саларьево” содержание Zn , Pb , Cu в почве в 2–

3 раза превышали предельно-допустимые концентрации (ПДК) [9].

В 2011–2012 гг. была проведена рекультивация полигона “Сосенки”. Это поспособствовало улучшению состояния окружающей среды, интенсивность поступления загрязняющих веществ от тела полигона в почвогрунты уменьшилась, в основном, загрязнение связано с аккумулятивными способностями почвы за прошедшие периоды времени, в почвах и подземных водах еще обнаруживались концентрации тяжелых металлов, превышающие фоновые значения [10].

Большая часть территории и окрестностей г. Троицк в конце 1990-х годов была отнесена к категории допустимого уровня загрязнения, а вблизи Камвольной фабрики – умеренно опасный уровень загрязнения. Исследования, проведенные летом 2013 г. [11], установили локальные очаги умеренно опасного уровня загрязнения почвогрунта ($Z_c = 17–20$), обнаруженные вблизи участков возникновения хронических “пробок” на светофорах автомагистралей [11].

Согласно данным ежегодного мониторинга, проведенному в 2021 г., содержание нитратов в почвах Троицка варьировало от 11.1 до 41.6 мг/кг при среднем содержании 13.7 мг/кг, в Шербинке от 11.1 до 39.4 мг/кг при среднем содержании 16.4 мг/кг. Сравнительно высокие концентрации нефтепродуктов в почвах городских территорий выявлены в ТиНАО (122 мг/кг) [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пробы почв отбирались в соответствии с ГОСТами и методическими указаниями методом “конверта” на глубину до 10 см [13]. В связи с отсутствием возможности отобрать пробы по равномерной сети был выбран участок площадью 2.5 км² с шагом в 500 м вблизи д. Голенищево. Кроме этого, совершены полевые выезды на сельскохозяйственные угодья (д. Рогово, д. Голохвостово, д. Исаково) и территории, прилегающие к антропогенным объектам: в Троицком лесопарке в 1 км от завода Мосрентген, в 200 м от полигона промышленных отходов “Летово”. Десять проб взяты в пределах города Троицка (вдоль Калужского шоссе, вблизи Троицкого института инновационных и термоядерных исследований (ТРИНИТИ), Физического института им. Лебедева (ФИАН), Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова (ИЗМИРАН), Института физики высоких давлений (ИФВД РАН), Института ядерных исследований (ИЯИ РАН) и Камвольной фабрики) (см. рис. 1).

Затем проводились стандартная пробоподготовка образцов [14] и химический анализ почв методом рентгенофлуоресцентного анализа.

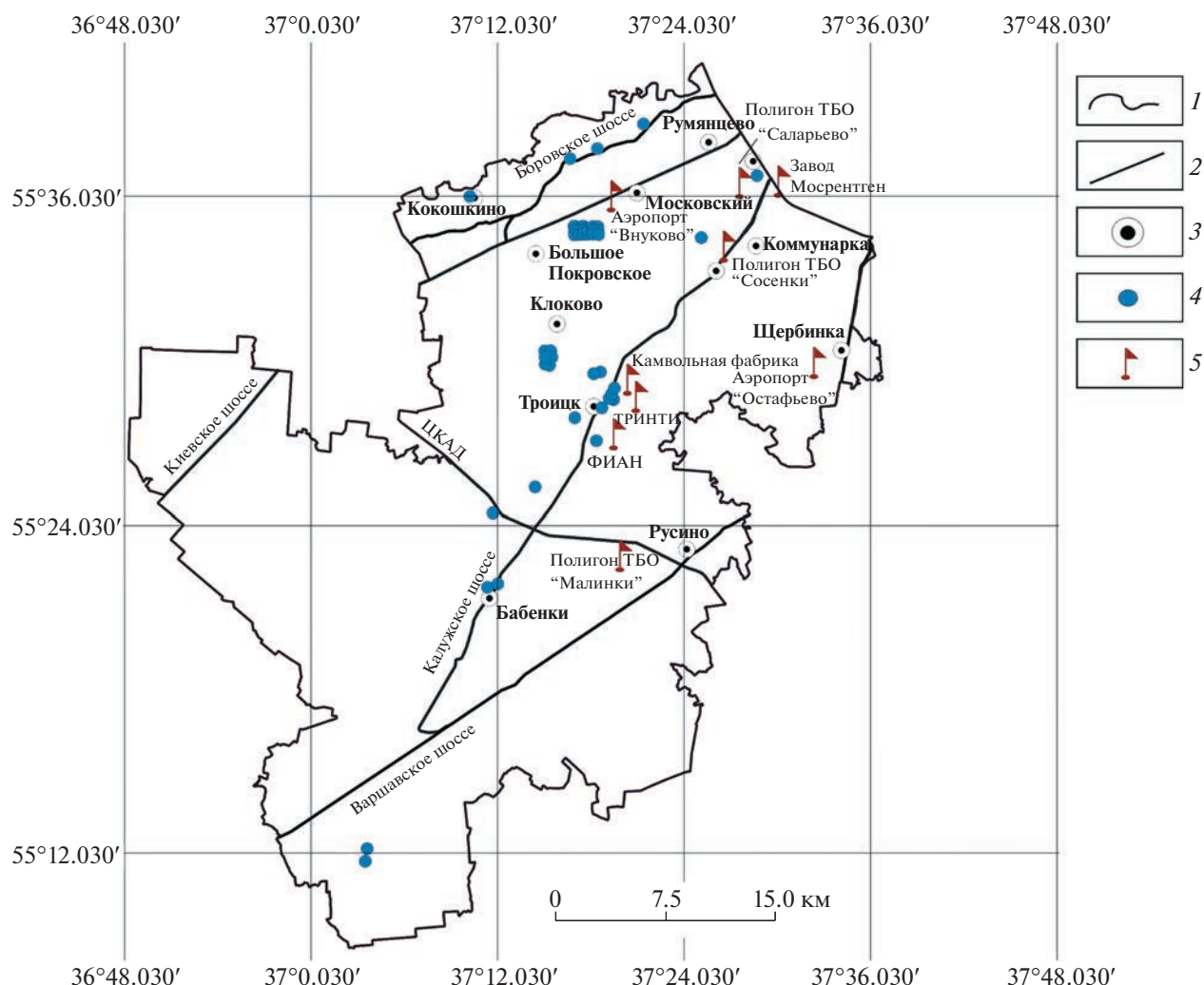


Рис. 1. Схема проботоотбора и техногенные объекты территории Новой Москвы. 1 – граница Новой Москвы, 2 – автомобильные дороги, 3 – населенные пункты, 4 – точки проботоотбора, 5 – техногенные объекты.

Кроме этого, был проведен анализ почв с целью изучения содержания гумуса и значений актуальной кислотности, так как от этих показателей зависит уровень аккумуляция тяжелых металлов в верхних слоях почвенного горизонта. Корреляционных связей между этими показателями и концентрацией тяжелых металлов выявлено не было.

Для оценки экологического состояния почвенного покрова рассчитывают [15] коэффициент концентрации (K_{ki}):

$$K_{ki} = C_i / C_{iф}, \quad (1)$$

$C_{iф}$ и C_i – фоновое и фактическое содержание i -го элемента в почве, мг/кг.

Общую геохимическую нагрузку (Z_c) характеризует суммарный показатель загрязнения почв химическими элементами, предложенный Ю.Е. Саетом, который рассчитывается по формуле [16]:

$$Z_c = \sum K_{ki} - (n - 1), \quad (2)$$

где n – количество участвующих элементов-поллютантов, $Z_c < 16$ – неопасное загрязнение, $16 < Z_c < 32$ – загрязнение умеренно опасное, $32 < Z_c < 128$ – опасное загрязнение, $Z_c > 128$ – чрезвычайно опасное загрязнение.

Согласно ГОСТу 17.4.1.02-83, для контроля загрязнения выделяется 3 класса тяжелых металлов и металлоидов по степени их опасности: высоко- (1 класс опасности), умеренно- (2 класс опасности) и малоопасные (3 класс опасности). Zn и Pb относятся к 1-му классу опасности, Cu и Ni – ко 2-му, V – 3-му [15].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Почвы были проанализированы на содержание V, Ni, Pb, Cu, Zn в верхнем десятисантимет-

Таблица 1. Содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвах Новой Москвы*, мг/кг

Химический элемент	V**	Ni	Cu	Zn	Pb
Концентрация, мг/кг	$\frac{99 \pm 9}{70 - 120}$	$\frac{25 \pm 4}{17 - 36}$	$\frac{16 \pm 6}{<10 - 31}$	$\frac{69 \pm 22}{56 - 208}$	$\frac{24 \pm 4}{16 - 37}$
ПДК/ОДК, мг/кг***	150/	/80	/132	/220	/130
Фоновое значение для Московского региона, мг/кг****	34	25	14	39	16
Класс опасности	3	2	2	1	1

* Объем выборки ($n = 49$). ** В таблице показано валовое содержание элементов. Над чертой – среднее значение, под чертой – минимальное и максимальное значение. *** ПДК – предельно допустимая концентрация. ОДК – ориентировочно допустимая концентрация. Значение ПДК взято для близких к нейтральным (суглинистым) почвам [17]. **** фоновое значение ТМ дано по [3].

Таблица 2. Распределение среднего содержания ТМ в зависимости от функциональной зоны, мг/кг

Химический элемент	Объем выборки	Ni	Zn	Pb	V
Городские территории	13	27 ± 5	79 ± 40	27 ± 4	101 ± 10
С/х поля	11	25 ± 3	67 ± 5	21 ± 2	97 ± 8
Лесные территории	25	24 ± 2	65 ± 6	23 ± 3	99 ± 8

ровом горизонте. Эти металлы являются наиболее опасными при попадании в организм человека. Мышьяк так же относится к одному из самых опасных поллютанов. В результате проведенного исследования выявлено, что во всех пробах концентрация мышьяка менее 5 мг/кг, что значительно ниже значения предельно допустимой концентрации (10 мг/кг). Поэтому в статье этот металл не рассматривается.

Результаты анализа представлены в табл. 1.

Содержание ванадия в почвах Новой Москвы изменяется от 70 до 120 мг/кг; никеля – от 17 до 36 мг/кг; меди – до 31 мг/кг; цинка – от 56 до 208 мг/кг; свинца – от 16 до 37 мг/кг. Средние содержания всех рассматриваемых тяжелых металлов, кроме Ni, превышают фоновые значения, что может свидетельствовать как о незначительном техногенном загрязнении, так и о влиянии природных факторов.

С органическим веществом цинк образует устойчивые формы, поэтому часто повышенные концентрации цинка накапливаются в почвах с высоким содержанием гумуса [18]. Максимальное значение концентрации Zn = 208 мг/кг связано с максимально высоким содержанием гумуса среди всех точек пробоотбора.

Высокие содержания никеля в некоторых точках, превышающие фоновые значения, в пределах исследуемой территории могут быть связаны с литогенным обогащением. Почвы формируются на карбонатных суглинках, подстилаемых известняками каменноугольного возраста и юрскими глинами, которые имеют более высокое со-

держание Ni, чем другие почвы Московского региона [19].

Среднее содержание свинца, меди, ванадия, цинка и никеля ниже ПДК говорит о допустимом уровне загрязнения этими металлами [20].

Суммарный показатель загрязнения почв Zc, рассчитанный как по общепринятой формуле, так и с поправкой коэффициента токсичности, не превышает 16 во всех исследуемых точках, что говорит о неопасном уровне загрязнения почв.

Все точки пробоотбора были отнесены к одной из трех функциональных зон: городские территории, лесные территории и сельскохозяйственные территории. Из табл. 2 видно, что наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ (Ni, Zn, Pb, V) характерны для городских территорий, превышающие фоновые значения. Это показывает, что техногенная деятельность вносит вклад в загрязнение почв Новой Москвы тяжелыми металлами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что, в целом, в пределах исследуемых районов Новой Москвы складывается благоприятная экологическая обстановка, уровень загрязнения почв тяжелыми металлами является допустимым. Однако активная застройка территории, увеличение транспортного потока и рост промышленных предприятий способствуют ухудшению состояния окружающей среды. Рекомендуется проводить ежегодный экологический мониторинг с це-

лю своевременного выявления источников загрязнения.

Рассмотренные техногенные объекты пока не оказывают сильного негативного влияния на благополучие окружающей среды, уровень загрязненности почв тяжелыми металлами вблизи таких объектов не превышает ПДК, однако, выше, чем в пределах лесных территорий.

Для оценки экологического состояния почв всей территории Новой Москвы необходимо проводить дальнейшие исследования (отбор проб по равномерной сети на всей площади), что, возможно, будет сделано в дальнейшем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность рецензентам за ценные замечания и рекомендации.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГЕМ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусева А.С. Геоэкологическая оценка экзогенных геологических процессов с использованием ГИС-технологий (на примере территории Новой Москвы): дисс. канд. геол.-минер. наук. М., 2021. Режим доступа: <http://www.igem.ru/aspirantura/autorefs/guseva.pdf>
2. Закон города Москвы № 10 от 15 марта 2017 “О внесении изменений в закон города Москвы от 5 мая 2010 года № 17 “О Генеральном плане города Москвы”. Обоснование выбранного варианта размещения объектов федерального, регионального назначения города Москвы с оценкой их влияния на комплексное развитие города. Книга 1.
3. Геоэкологические проблемы Новой Москвы / Под ред. А.В. Кошкарев, Э.А. Лихачева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. 120 с.
4. Старая и Новая Москва: тенденции и проблемы развития. Сб. научн. ст. — М.: из-во ИП Матушкина И.И., 2018. 338 с.
5. Лурье И.К., Балдина Е.А., Прасолова А.И. и др. Серия карт эколого-географической оценки земельных ресурсов территории Новой Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2.
6. Битюкова В.Р. Экологический фактор развития в Новой Москве: старые проблемы на новой территории // Старая и Новая Москва: тенденции и проблемы развития. Сб. научн. ст. М.: из-во ИП Матушкина И.И., 2018. С. 120–142.
7. Маркова О.И., Масленникова В.В. Ценность присоединенных к Москве в 2012 году территорий и возможности их оптимизации для устойчивого развития // Интеркарто. ИнтерГИС. 2018. Т. 24. № 1. С. 86–98.
8. Ачкасов А.И., Варава К.В., Самаев С.Б. Эколого-геохимические исследования почв Москвы // Разведка и охрана недр. 2016. № 11. С. 49–54.
9. Ковригин А.А., Слесарев М.Ю. Экологический мониторинг атмосферы вблизи полигона “Саларьево” // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 5. С. 589–602.
10. Хафизов М.М., Грибанова Л.П. Полигон “Сосенки”: комплексное решение проблемы рекультивации // Твердые бытовые отходы. 2012. № 9. С. 10–13.
11. Богданов Н.А. Эколого-гигиеническое состояние урбанизированной территории в географическом центре Новой Москвы // Гигиена и санитария. 2015. № 94 (1). С. 51–57.
12. Доклад “О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2021 году” / Под ред. А.О. Кульбачевского. Москва, 2022. 234 с.
13. Методические указания МУ 2.1.7.730-99 “Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест”, 1999.
14. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ, 2008. 7 с.
15. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. 85 с.
16. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Смирнова Р.С. Геохимическое картографирование почв как метод оценки загрязнения городских территорий // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 1983. Вып. 35. С. 37–40.
17. Постановление от 28 января 2021 г. № 2 “Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”, 2021.
18. Морковин Г.Г., Панова Е.В. Возможные медико-экологические проблемы, обусловленные различным поступлением химических элементов в систему “почва—овощи—человек” // Известия Алтайского государственного университета. 2004. № 3 (33). С. 66–70.
19. Волгин А.В., Волгин Д.А. Содержание тяжелых металлов — загрязнителей в антропогенно слаборазрушенных почвах Московской области // Вестник МГОУ. Серия “Естественные науки”. 2013. № 4. С. 32–40.
20. Джувеликян Х.А., Щеглов Д.И., Горбунов Н.С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв. — Воронеж: издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2009. 22 с.

ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS OF CERTAIN AREAS OF THE NEW MOSCOW

A. S. Guseva^{a,#} and Corresponding-Member of the RAS V. A. Petrov^a

*^aInstitute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry Russian Academy Science (IGEM RAS),
Moscow, Russian Federation*

[#]E-mail: alexandra.guseva2011@yandex.ru

Since 2012 the territory of Moscow has increased by 2 times, the Troitsky and Novomoskovsky administrative districts (TiNAO) were annexed to Moscow. Due to the fact that earlier this territory was part of the Moscow region, detailed studies of the ecological state of soils were not carried out. In the period from 2019 to 2020 years to assess the soil pollution with heavy metals of certain areas of New Moscow, both in forest areas and near man-made objects that are potential sources of pollution, samples were taken up to 10 cm deep and analyzed by X-ray fluorescence analysis for the content of V, Ni, Pb, Cu, Zn. It was revealed that at present the surveyed areas are characterized by an acceptable level of pollution, exceeding the maximum permissible concentrations was not detected. It is shown that anthropogenic activity contributes to technogenic soil pollution. It is recommended to conduct annual environmental monitoring for the purpose of early detection of pollution foci.

Keywords: New Moscow, heavy metals, soil pollution