

РИСК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ УРБАНОЗЕМОВ Г. ГОРКИ**О. Н. ЛЕВШУК**

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: levshuk-2011@mail.ru

(Поступила в редакцию 30.06.2020)

Оценка уровней и риска загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова представляет собой актуальную научную задачу, поскольку именно в почве замыкаются большой и малый круговороты химических веществ и происходит миграция в системах «почва – вода» и «почва – растение». На основании собственных экспериментальных исследований выполнена комплексная оценка загрязнения тяжелыми металлами (Cu, Zn, Pb, Cd) урбаноземов в пределах территории с индивидуальной жилой застройкой г. Горки (Могилевская область, Республика Беларусь) с использованием ряда индикаторных показателей: величины фактора контаминации; индекса потенциального экологического риска; уровня контаминации, комплексного индекса загрязнения; индекса потенциального экологического риска. Определение содержания тяжелых металлов выполнялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии, а их экстрагирование производилось в $1\text{M H}_2\text{SO}_4$. Медианное значение содержания в почве меди, цинка и свинца превышает значения ПДК, тогда как медианное значение содержания кадмия составляет 0,34 ПДК, а процент проб с превышением ПДК составляет только 7 % от общего количества. Установлено, что приоритетным загрязнителем урбаноземов является кислоторастворимый цинк, величина фактора контаминации которого варьирует от 2,29 до 437,35. Характер распределения поллютантов в почве имеет неравномерный мозаичный характер, свидетельствующий о наличии значительного количества локальных источников загрязнения техногенного происхождения. Урбаноземы на территории г. Горки имеют умеренную степень загрязнения свинцом и кадмием и высокую степень загрязнения медью, а элементы-загрязнители располагаются в следующий убывающий ряд: $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$. Относительно низким уровнем загрязнения тяжелыми металлами характеризуется южная часть города, а максимальные концентрации поллютантов фиксируются в урбаноземках юго-западной и центральной его части.

Ключевые слова: тяжелые металлы, урбаноземы, загрязнение, оценка, риск.

Assessment of the levels and risk of contamination by heavy metals of the soil cover is an urgent scientific problem, since it is in the soil that the large and small cycles of chemicals are locked and migration occurs in the «soil – water» and «soil – plant» systems. On the basis of our own experimental studies, a comprehensive assessment of the contamination by heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd) of urban soils within the territory with individual residential buildings in the city of Gorki (Mogilev region, Republic of Belarus) was carried out using a number of indicator values: the value of contamination factor; potential environmental risk index; contamination level, integrated pollution index; index of potential environmental risk. Determination of the content of heavy metals was carried out by atomic absorption spectrometry, and their extraction was carried out with $1\text{M H}_2\text{SO}_4$. The median value of the content of copper, zinc and lead in the soil exceeds the MPC values, while the median value of the cadmium content is 0.34 MPC, and the percentage of samples exceeding the MPC is only 7 % of the total amount. It has been established that the priority pollutant of urban soils is acid-soluble zinc, the value of contamination factor of which varies from 2.29 to 437.35. The distribution of pollutants in the soil has an uneven mosaic character, indicating the presence of a significant number of local sources of pollution of technogenic origin. Urban soils on the territory of Gorki have a moderate degree of lead and cadmium contamination and a high degree of copper contamination, and the pollutant elements are arranged in the following decreasing order: $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$. The southern part of the city is characterized by a relatively low level of pollution by heavy metals, and the maximum concentrations of pollutants are recorded in the urban soils of the southwestern and central parts of it.

Key words: heavy metals, urban soils, pollution, assessment, risk.

Введение

Согласно задачи 2.4 цели 2 – ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства Повестки дня в области устойчивого развития, одобренной на 70 сессии Генеральной Ассамблеи ООН, к 2030 году Беларусь должна обеспечить создание устойчивых систем производства продуктов питания и внедрить методы ведения сельского хозяйства, которые позволяют повысить жизнестойкость и продуктивность и увеличить объемы производства, способствуют сохранению экосистем, укрепляют способность адаптироваться к изменению климата, экстремальным погодным явлениям, засухам, наводнениям и другим бедствиям и постепенно улучшают качество земель и почв [22]. Стратегической целью развития сельского хозяйства Беларуси является формирование конкурентоспособного на мировом рынке и экологически безопасного производства продуктов питания и сырья, необходимых для поддержания достигнутого уровня продовольственной безопасности, а также для обеспечения полноценного питания и здорового образа жизни населения при сохранении и воспроизводстве плодородия почв [13]. Современная социально-экономическая ситуация и сложившийся традиционный уклад жизни поддерживают высокий интерес населения страны к пополнению пищевого рациона за счет сельскохозяйственной продукции, выращиваемой в личных подсобных хозяйствах. Валовой сбор картофеля, выращенного в таких хозяйствах в 2019 году в Могилевской области, составил 656,3 тыс. т, овощей – 156,0 тыс. т [18]. Качество сельскохозяйственной продукции, получаемой в личных подсобных хозяйствах, напрямую зависит от качества почвы, поскольку она является наиболее чувствительным индикатором эколого-геохимической обстановки территории и локалитетом для депонирования и пересечения путей миграции химических элементов, в частности токсикантов [12]. Однако монито-

ринг загрязнения почвы в личных подсобных хозяйствах граждан не проводится, поскольку традиционно контроль со стороны государства осуществляется исключительно над землями сельскохозяйственного назначения, находящимися в пользовании сельскохозяйственных организаций. В то же время неконтролируемое применение пестицидов, органических и минеральных удобрений, средств химической мелиорации в частном секторе, довольно часто научно необоснованное, приводит к загрязнению почвы тяжелыми металлами и остатками агрохимикатов и депонированию в ней поллютантов, что неминуемо влечет за собой и загрязнение выращиваемой на этих почвах сельскохозяйственной продукции, прежде всего картофеля и овощей.

Вопросам оценки уровней и характера пространственного распределения тяжелых металлов в почвах посвящен довольно широкий ряд исследований. В частности, анализу пространственного распределения химических загрязнителей в почвах в зонах воздействия эмиссии поллютантов промышленными предприятиями посвящены работы [4, 5]; оценке уровня контаминации почв сельскохозяйственных угодий, непосредственно прилегающих к регионам с высокой степенью концентрации промышленного производства, – работы [3, 6]. Ряд научных работ посвящен загрязнению тяжелыми металлами почв г. Могилев [7], г. Бобруйск [21], г. Жодино [8], а вопросы содержания химических элементов, в том числе элементов-загрязнителей, в почвах аграрных ландшафтов и лесных экосистем освещены в работах [16, 20].

Однако подавляющее большинство выполненных в Беларуси исследований касается оценки уровня загрязнения тяжелыми металлами урбаноземов в областных центрах и городах с высокой степенью концентрации промышленного производства, тогда как исследований по оценке экологического состояния почвенного покрова агроселитебных ландшафтов малых городов, в частности в Могилевской области, проведено недостаточно. Учитывая вышесказанное, выполнение исследований, направленных на оценку уровней и риска загрязнения тяжелыми металлами (медь, цинк, свинец, кадмий) почвенного покрова в пределах индивидуальной жилой застройки г. Горки (Могилевская область, Республика Беларусь) представляет собой актуальную научную задачу, решению которой и посвящена данная работа.

Основная часть

Исследования выполнялись в 2017–2020 гг. на территории микрорайонов «Заречье», «Центр», «Слобода» и «Академия», а также садовых товариществ «Труд», «Иваново» и «Садовод», находящихся в пределах территории г. Горки (Могилевская область, Республика Беларусь) (рис. 1).

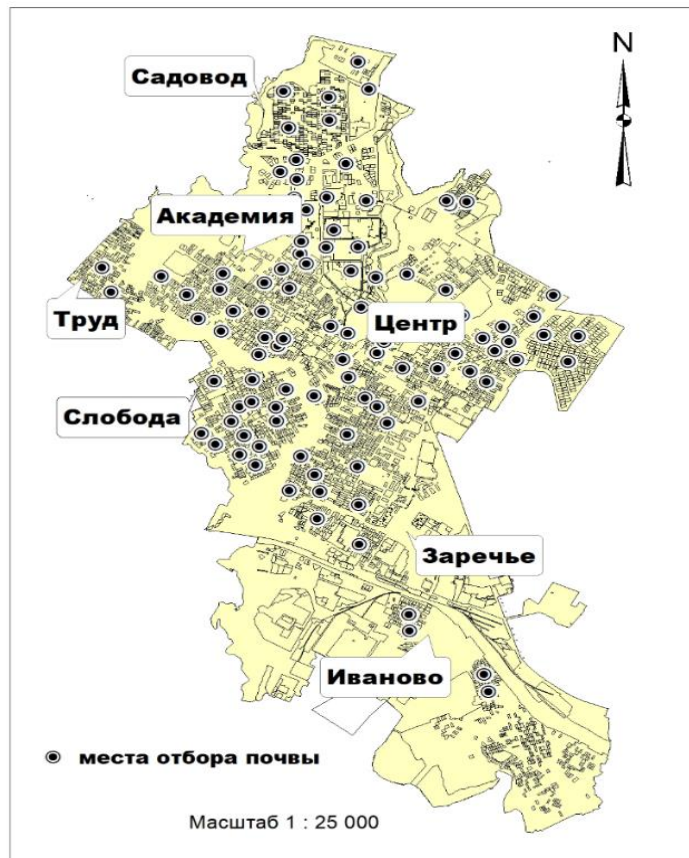


Рис. 1. Схема отбора репрезентативных образцов почвы на территории г. Горки

Отбор образцов почвы проводился в соответствии с требованиями, указанными в ТКП 17.03–02–2013 «Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами» [14]. Размер пробной площадки составлял 10×10 м, почва отбиралась методом «конверта» из слоя 0–20 см. Один репрезентативный почвенный образец формировался из 20 точечных проб.

Аналитические исследования выполнялись на базе химико-экологической лаборатории УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», аккредитованной в Системе аккредитации Республики Беларусь в соответствии с СТБ ИСО/МЭК 1 7025-2007 (аттестат аккредитации номер ВУ/112 02.2.0.4043 от 05.07.2015 г.). Определение содержания тяжелых металлов выполнялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе SOLAAR S Series AA фирмы Thermo Scientific (США). Экстрагирование кислоторастворимых форм тяжелых металлов из почвы производилось 1н HNO₃.

Для оценки риска загрязнения урбаноземов тяжелыми металлами рассчитывались следующие показатели [25]:

1) фактор контаминации C_f^i (1):

$$C_f^i = \frac{C_i}{C_n^i} \quad (1)$$

где C_i – фактическое содержание элемента в почве, мг/кг; C_n^i – фоновое содержание элемента в почве;

2) индекс потенциального экологического риска E_r^i (2):

$$E_r^i = C_f^i * T_r^i \quad (2)$$

где T_r^i – коэффициент токсичности элемента, равный для Cd, Cu, Pb и Zn 2, 5, 30 и 40 соответственно;

3) уровень контаминации mC_d (3):

$$mC_d = \sum_{i=1}^N C_f^i / N, \quad (3)$$

где N – количество проанализированных образцов, шт.;

4) комплексный индекс загрязнения P_i (4):

$$P_i = \sqrt{\frac{(mC_d)^2 + (C_{f \max}^i)^2}{2}}, \quad (4)$$

где $C_{f \max}^i$ – максимальное значение фактора контаминации;

5) индекс потенциального экологического риска RI (5):

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i. \quad (5)$$

Геопространственный анализ данных о содержании тяжелых металлов в почве выполнялся с помощью набора графиков для исследовательского анализа пространственных данных (ESDA) модуля «Geostatistical Analyst» программного продукта ArcGIS версии 10.3.

Тяжелые металлы и их соединения занимают приоритетное положение среди многочисленных загрязнителей окружающей среды антропогенного и техногенного происхождения и характеризуются сильной стабильностью, высокой токсичностью, выраженными кумулятивными свойствами и значительным негативным воздействием на состояние биосферы и здоровье человека. В агроселитебных ландшафтах основной средой депонирования поллютантов, в частности тяжелых металлов, является почва, в которой пересекаются пути миграции химических элементов, происходят явления синергизма и антагонизма, аккумуляции и диссипации вещества и энергии. Почвы селитебных комплексов постоянно испытывают все возрастающее антропогенное воздействие в силу того, что они находятся в условиях неблагоприятной среды, характерной для урбанизированных территорий, в пределах которых четко прослеживаются два вида техногенного и антропогенного влияния: загрязнение почвы и преобразование ее профиля.

Инструменты геостатистики, в частности исследовательский анализ (ESDA) позволяют изучить пространственную структуру данных и получить их общие статистические характеристики. В ходе выполнения исследовательского анализа было установлено, что характер распределения данных о содержании в урбаноземках тяжелых металлов не соответствует нормальному, а в выборке присутствует значительное количество выбросов, исключение которых из нее невозможно, поскольку именно выбросы высоких и низких значений важны для идентификации участков с максимальным и ми-

