

УДК 614.7

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНИХ ГОРОДОВ СЕВЕРА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Каплина С.П., Каманина И.З.

ГОУ ВПО МО «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», Дубна, e-mail: sv_kap@mail.ru

Работа посвящена оценке экологического состояния почвенного покрова городов Дубны и Дмитрова, расположенных на севере Московской области. Оценка проведена на основе данных по содержанию тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Cd, Ni). Содержание металлов в почве оценивалось относительно ПДК (ОДК) и фоновых значений, определенных конкретно для района исследования. На территории городов выявлены наиболее неблагоприятные районы по содержанию тяжелых металлов в почвенном покрове, рассчитан суммарный показатель концентрации СПК (Zc). Проведен анализ загрязнения почвенного покрова с учетом функционального зонирования территории города. Выявлены корреляции для различных тяжелых металлов. Проведен сравнительный анализ состояния здоровья населения, проживающего в районе исследования.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвенный покров, город, заболеваемость населения

HEAVY METAL CONTENTS IN SOIL IN AVERAGE SIZE TOWNS OF NORTH MOSCOW REGION AND THEIR INFLUENCE ON POPULATION HEALTH

Kaplina S.P., Kamanina I.Z.

International University of Nature, Society and Man «Dubna», Dubna, e-mail: sv_kap@mail.ru

This work is devoted to estimation of the ecological condition of soil cover in the towns of Dubna and Dmitrov located in the north of Moscow Region. The estimation is carried out on the basis of the data on heavy metal (Pb, Zn, Cu, Cd, Ni) contents. The content of metals in the soil was estimated with respect to maximum allowed concentration and background values determined specifically for the investigated area. In the territory of the towns most heavy metal polluted soil areas have been revealed. The total indicator of concentration (Zc) has been calculated. Analysis of pollution of the soil cover has been carried out in different functional areas. Correlations for different heavy metals have been detected. A comparative analysis of the state of health of the population living in the investigated area has been conducted.

Keywords: heavy metals, soil cover, town, human diseases

В настоящее время прогрессирующая урбанизация городских территорий, которая сопровождается сосредоточением, населения, промышленности и транспорта на небольших площадях, приводит к увеличению антропогенной нагрузки на все компоненты городской среды. Почва – центральное звено экосистемы. В своем составе и свойствах она отражает результат взаимодействия всех природных сред. В свою очередь, почва оказывает обратное влияние на сопряженные с нею среды. При оценке экологической опасности почвенного загрязнения в первую очередь учитывают присутствие тяжелых металлов.

В настоящее время не уделяется должного внимания изучению экологического состояния малых и средних городов со слаборазвитой промышленностью. Экология малых и средних городов во многом определяется экологическим состоянием всего региона и в то же время является показателем качества его окружающей среды. В связи с увеличением антропогенной нагрузки компоненты окружающей среды малых и средних городов требуют контроля и принятия своевременных управленческих решений.

Материалы и методы исследования

Для оценки экологического состояния почвенного покрова урбанизированных территорий севера Московской области были проведены исследования на территории городов Дубны и Дмитрова. Исследованные города относятся к категории средних городов России с численностью населения до 100 тыс. человек, с малоразвитой промышленностью. Города Дубна и Дмитров являются «опорными» городами Сергиево-Посадской рекреационно-аграрной устойчивой системы расселения.

На территории города Дубны находятся предприятия различного профиля, расположенные вне зоны жилой застройки. Все предприятия характеризуются небольшими объемами производства и не являются крупными промышленными центрами в общепринятом смысле. В атмосферный воздух города от стационарных источников выбрасывается более 80 вредных веществ, суммарный объем валовых выбросов в среднем составляет около 1500 т/год. Основным стационарным источником загрязнения атмосферы являются котельные, на которые приходится 60–70% общего объема. На долю автотранспорта приходится около 65% от общего загрязнения атмосферного воздуха города, что составляет примерно 2000,04 т/год. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы г. Дмитрова вносят Дмитровский завод фрезерных станков, завод мостовых железобетонных конструкций. Суммарный валовый выброс загрязняющих веществ в атмосфер-

ный воздух от стационарных источников составляет 1650 т/год, из них котельные – 657,095 т/год. Выбросы от автотранспорта составляют 2457,15 т/год.

Отбор проб почвенного покрова проводился по равномерной случайно-упорядоченной сетке с охватом всех функциональных зон города. Пробы были отобраны из верхнего горизонта в соответствии с МУ 2.1.7.730–99. Каждая проба представляла собой смешанный образец, отобранный с площадки 10×10 м методом «конверта». На территории г. Дубны и Дмитрова было отобрано 47 и 30 проб почвенного покрова соответственно. В почвенных образцах определялись общие показатели: величина рН солевой вытяжки, гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, содержание органического углерода по общепринятым методикам. Пробы были проанализированы на содержание тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Ni, Cd) в 1 н. HNO₃ вытяжке методом атомной абсорбции. Все определения проводились в аккредитованной лаборатории Эколого-аналитического центра Международного университета природы, общества и человека «Дубна» по стандартным методикам. Проведена математическая и статистическая обработка полученных данных, построены картосхемы распределения содержания тяжелых металлов в почвенном покрове на территории двух городов.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных данных содержания тяжелых металлов в почвенном покрове городов показывает, что на обследованной территории ни в одной пробе не выявлено превышения гигиенического норматива ПДК (ОДК) для почв населенных мест. Результаты полученных данных по содержанию тяжелых металлов в почвах сравнивались также с фоновыми значениями. Для г. Дубны в качестве фоновой территории был выбран район «Ратмино» как район, испытывающий минимальное антропогенное влияние, в качестве фоновых концентраций были приняты следующие значения: Pb – 1,43 мг/кг; Zn – 2,28 мг/кг; Cd – 0,012 мг/кг; Cu – 0,14 мг/кг; Ni – 0,60 мг/кг. Для г. Дмитрова в качестве фоновой территории был выбран район с. Внуково и приняты следующие значения: Pb – 1,03 мг/кг; Zn – 2,41 мг/кг; Cd – 0,006 мг/кг; Cu – 0,27 мг/кг; Ni – 0,40 мг/кг. Анализ фоновых значений показывает, что они очень близки между собой и заметно отличаются от регионального фона в меньшую сторону.

В результате проведенных исследований выявлено, что в почвенном покрове на территории городов Дубны и Дмитрова содержание тяжелых металлов превышает фоновые значения. Районы со значительными превышениями фоновых значений приурочены к местам расположения промышленных предприятий и автодорогам. На территории г. Дубны в левобережной части города в районе въезда на плотину (данный район характеризуется повышенной транспортной

нагрузкой, так как является единственным транспортным сообщением между левобережной и правобережной частью города), концентрация свинца в почве составляет 5,54 мг/кг, что в 3,9 раза превышает фоновое содержание, концентрация цинка достигает 16,17 мг/кг, что в 7,1 раза выше фоновой, содержание кадмия составляет 0,067 мг/кг, что в 5,6 раза выше фона, содержание меди – 2,11 мг/кг, что в 15,1 раза выше фона, содержание никеля – 0,9 мг/кг. Также в левобережной зоне выявляется неблагоприятный район, прилегающий непосредственно к промзоне, на которой располагаются основные промышленные предприятия, в том числе градообразующие, концентрация свинца в почве составляет 5,67 мг/кг, что в 4 раза превышает фоновое значение, содержание кадмия в почве составляет 0,156 мг/кг, что в 13 раз выше фоновой концентрации, содержание меди – 1,04 мг/кг, что в 7,4 раза выше фона. В правобережной части города Дубны выделяется район с повышенным содержанием металлов в зоне селитебной застройки в районе ул. Моховой: концентрация свинца в почве составляет 5,41 мг/кг, что в 3,8 раза превышает фоновое значение, содержание цинка составляет 7,26 мг/кг, что в 3,2 раза выше фона. Данный район является старой частью города, южнее точки пробоотбора располагаются промплощадка Объединенного института ядерных исследований и железнодорожный вокзал. В районе «Александровка» в восточной части города содержание меди достигает максимального значения и составляет 17,91 мг/кг, что в 128 раз выше фоновой концентрации, содержание цинка составляет 13,36 мг/кг, что в 5,9 раза выше фоновых значений, содержание кадмия составляет 0,144 мг/кг, что в 12 раз выше фона. Здесь располагается промзона «Александровка», где сосредоточен ряд промышленных предприятий различного профиля.

Следует отметить, что для почв г. Дубны характерно повышенное относительно фоновых значений содержание кадмия и меди на всей территории города, по содержанию кадмия 60% случаев превышают фон более чем в 5 раз, по содержанию меди – 66% превышают фон в 5 раз, 25% – в 10 раз. В настоящий момент определить причины повышенного содержания этих элементов не представляется возможным.

На территории городского поселения Дмитров по содержанию тяжелых металлов в почвенном покрове выделяются неблагоприятные районы. В юго-восточной части города выделяется четко выраженный локальный очаг (с центром ул. Высоковольтную и ул. Космонавтов) с повышенным

содержанием тяжелых металлов: содержание свинца составляет 20,97 мг/кг, что в 20,4 раза выше фоновое значение и составляет 0,65 ПДК, содержание цинка составляет 36,16 мг/кг, что в 15 раз выше фона и соответствует 0,65 ПДК, содержание кадмия – 0,064 мг/кг, что в 10,7 раз выше фоновых значений, содержание меди – 3,15 мг/кг, что в 11,8 раза выше фона, содержание никеля составляет 2,26 мг/кг, что в 5,6 раза выше фоновое значение. В непосредственной близости к очагу расположены центральная промышленная зона города и восточная объездная дорога. Второй неблагоприятный район – центральная часть города Дмитрова (ул. Инженерная и ул. Подьячева). Содержание меди составляет 7,52 мг/кг (это максимальное значение), что в 28 раз выше фоновое значение, содержание цинка 26,81 мг/кг, что в 11,1 раза выше фона, содержание кадмия составляет 0,056 мг/кг, что в 9,3 раза выше фона, содержание никеля составляет 1,63 мг/кг, что в 4,1 раза выше фона. Важно отметить, что данный очаг повышенных концентраций располагается в зоне жилой застройки. Также обращает на себя внимание район в западной части города Дмитрова – район «Заречье», содержание никеля в почве составляет 2,52 мг/кг, что в 6,3 раза выше фона, содержание цинка составляет 15,58 мг/кг, что в 6,5 раза выше фоновое значение.

Для понимания миграционных процессов и оценки токсичности тяжелых металлов важно определить степень их подвижности в конкретных условиях, которая напрямую зависит от кислотно-основных свойств почвы и содержания гумуса, так как тяжелые металлы хорошо поглощаются органическим веществом почвы [5]. Проведенные исследования показали, что на территории обоих городов наблюдается сдвиг реакции среды в сторону щелочных значений. На территории г. Дубны основная часть почв характеризуется слабощелочной и щелочной реакцией среды, значения pH в 47% от общего числа проб лежат в диапазоне от 7,0 до 8,5. Наиболее низкие значения pH (от 3,1 до 4,2) отмечены в районах лесопарковых зон, это почвы практически неизменные в результате антропогенной деятельности и максимально близки к естественным дерново-подзолистым почвам. Почвы г. Дмитрова характеризуются слабощелочной pH от 7,0 до 7,5 – 54% обследованных почв и нейтральной реакцией среды pH от 6,0 до 7,0 – 37%, в то время как для естественных дерново-подзолистых почв, преобладающих в Московской области, характерна кислая реакция среды pH 3,0–5,0. В целом обследованные почвы ха-

рактеризуются низким содержанием гумуса от 2 до 4% и высокой степенью насыщенности основаниями 90–99%. Учитывая, что в районах с повышенным содержанием металлов почвы имеют слабощелочную среду, исследуемые металлы будут находиться в слабоподвижной форме и накапливаться в верхнем горизонте.

Исходя из того, что очаги техногенного загрязнения, как правило, представляют собой избыточную концентрацию не одного, а целого комплекса химических элементов, был рассчитан суммарный показатель концентрации СПК (Z_c), который характеризует интегральное воздействие на окружающую среду: $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$, где Z_c – суммарный показатель загрязнения; K_c – коэффициент концентрации, т.е. отношение содержания элемента в исследуемом объекте (K_i) к его фоновому содержанию (K_f); n – число определяемых элементов [2, 4, 5]. Районирование территории города Дубны по интегральному показателю выявило, что основная часть городской территории относится к среднему уровню загрязнения почвенного покрова (СПК 16-32). Почвенный покров на окраинах города соответствует низкому уровню (СПК < 16). На территории города также выявлены неблагополучные районы с высоким уровнем загрязнения (СПК 32-128): в левобережной части в районе плотины и районе частной застройки; в правобережной части города практически вся Институтская часть, включая зоны жилой застройки (основной вклад в загрязнения в этих районах вносят Cu и Cd), район «Александровка» в восточной части города (основной вклад в загрязнение вносят Cu, Cd и Zn). По суммарному показателю загрязнения большая часть городского поселения Дмитрова относится к допустимой категории загрязнения почв (СПК < 16). Выявлен наиболее неблагополучный район по содержанию тяжелых металлов в почвенном покрове. Это район в юго-восточной части города, приуроченный к центральной промышленной зоне города Дмитрова. Данная аномалия имеет четко выраженное ядро с суммарным уровнем загрязнения СПК = 59,5 и 53,5, что соответствует опасному уровню загрязнения. Ядро аномалии оконтуривается по ул. Высоковольная на юге; ул. Космонавтов на севере и на востоке; на западе – ул. Пушкинская. Необходимо отметить, что центр этой аномалии захватывает жилую застройку микрорайона Космонавтов. Зона с умеренно опасным уровнем загрязнения почв (СПК 16-32) простирается на востоке до д. Митькино, на юге до с. Борисово и ул. Одинцово, на западе – ул. Московская, на юго-западе –

ул. Волгостроевская и на севере – ул. Аверьянова. В районе «Заречье» в западной части города Дмитрова выделяется еще один район с умеренно опасным уровнем загрязнения (СПК 16-32). В данном районе расположена промышленная площадка асфальтобетонного завода.

Особый интерес для городских территорий представляет распреде-

ление тяжелых металлов по функциональным зонам. На территории обследованных городов были выделены следующие функциональные зоны: промышленная, селитебная, рекреационная и сельскохозяйственная. Содержание тяжелых металлов в почвах по типам функционального зонирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве различных функциональных зон на территории г. Дубны и г. Дмитрова, мг/кг

Элемент	Промзона (n = 4)	Селитебная зона (n = 26)	Рекреационная зона (n = 10)	Сельскохозяйственная зона (n = 7)
<i>г. Дубна</i>				
<i>1-й класс опасности</i>				
Pb	3,27 ± 0,77	2,00 ± 0,22	2,24 ± 0,45	1,97 ± 0,51
Zn	12,09 ± 1,88	6,65 ± 0,71	4,59 ± 1,86	3,71 ± 0,86
Cd	0,08 ± 0,02	0,10 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,01
<i>2-1 класс опасности</i>				
Cu	5,40 ± 4,18	1,56 ± 0,31	1,67 ± 1,17	0,84 ± 0,15
Ni	0,92 ± 0,06	1,35 ± 0,20	0,68 ± 0,10	1,13 ± 0,23
<i>г. Дмитров</i>				
<i>1-й класс опасности</i>				
Pb	11,14 ± 4,96	2,03 ± 0,25	2,65 ± 0,59	2,19 ± 0,59
Zn	24,58 ± 7,42	7,60 ± 1,20	7,49 ± 2,65	6,85 ± 1,70
Cd	0,05 ± 0,02	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00
<i>2-й класс опасности</i>				
Cu	3,81 ± 1,97	0,60 ± 0,07	0,54 ± 0,08	0,55 ± 0,15
Ni	1,65 ± 0,35	1,15 ± 0,15	0,90 ± 0,18	0,92 ± 0,16

Распределение элементов в почвах на территории обследованных городов в соответствии с функциональным зонированием показало, что максимальное содержание тяжелых металлов отмечается в промышленной зоне, минимальные значения характерны для сельскохозяйственных территорий. Различия в содержании металлов в селитебной и рекреационной зонах незначительны.

В результате корреляционного анализа было установлено, что на территории городского поселения Дмитрова максимальный коэффициент корреляции отмечается между Zn и Cd – $R = 0,869$ (при $P = 0,95$); далее ассоциации элементов Cd и Cu; Zn и Pb, Cd и Pb, коэффициенты корреляции $R = 0,795$; $R = 0,785$ и $R = 0,761$ соответственно (при $P = 0,95$). Коэффициент корреляции Ni и Cd – $R = 0,528$; Ni и Zn – $R = 0,50$; Ni и Pb – $R = 0,482$; Pb и Cu – $R = 0,442$; Ni и Cu – $R = 0,394$ (при $P = 0,95$). Для почвенного покрова г. Дубны не выявлены значимые корреляции тяжелых металлов.

Согласно МУ 2.1.7.730–99 показатель Zc является индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения, данный

показатель был рассчитан в целом для обоих городов. Оценка опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Zc проводилась по оценочной шкале с учетом градаций, разработанных на основе изучения показателей состояния здоровья населения, проживающего на территории с различным уровнем загрязнения почв [2]. Результаты расчета суммарного показателя загрязнения для городов Дубны и Дмитрова представлены в табл. 2.

Анализ заболеваемости населения был проведен на основе статистических отчетов учреждений здравоохранения Московской области (2005 г.) [3]. На первом месте, как и в целом по Московской области, преобладают болезни органов дыхания: г. Дубна 33,53%, Дмитровский район 34,78%; на 2-м месте болезни системы кровообращения: г. Дубна 12,25%, Дмитровский район 11,14%, на 3-м месте в г. Дубне – болезни глаза и мочеполовой системы, а вот в Дмитровском районе – болезни органов пищеварения (8,9%) и психические расстройства (7,56%), что превосходит среднеобластные показатели в 1,5 и 1,7 раза соответственно. Обращают на себя

внимание показатели заболеваемости болезнью крови, и в г. Дубне, и в Дмитровском районе отмечаются превышения среднеобластных показателей по всем возрастным категориям, особенно среди детского и подросткового населения. В Дмитровском районе обращают на себя внимание психические расстройства и болезни пищеварительной системы по всем возрастным категориям, показатели по которым значительно превышают средние областные: по взрослому населению в 1,8 и 1,4 раза, по подросткам (15–17 лет) – 2,4 и 1,6 раза, по детям (0–14 лет) – по болезням пищеварительной системы в 1,8 раза. Необходимо отметить, что среди подростков отмечается превышение средних областных показателей в таком классе болезней, как новообразования. Превышения составили в г. Дубне 2,2 раза, в Дмитровском районе – 1,8 раза. Среди возможных последствий воздействия на человека химических загрязнений окружающей среды данная категория болезни занимает особое место.

Таблица 2

Результаты расчета суммарного показателя загрязнения для городов Дубны и Дмитрова

Показатель	Металл				
	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni
<i>г. Дубна</i>					
Средние по городу, мг/кг	2,15	6,23	0,09	1,8	1,14
Фоновая концентрация, мг/кг	1,43	2,28	0,012	0,14	0,6
Kc	1,50	2,73	7,50	12,86	1,90
Zc = 22,49 , категория загрязнения почв умеренно опасная					
<i>г. Дмитров</i>					
Средние по городу, мг/кг	3,08	9,11	0,02	0,90	1,10
Фоновая концентрация, мг/кг	1,03	2,41	0,006	0,27	0,40
Kc	3,00	3,78	2,96	3,36	2,75
Zc = 11,86 , категория загрязнения почв допустимая					

Заключение

Население городов постоянно подвергается воздействию комплекса факторов

антропогенного загрязнения окружающей среды. Вклад антропогенных факторов в формирование отклонений здоровья составляет от 10 до 57% [1]. Состояние почвенного покрова во многом отражает состояние других компонентов окружающей среды, в том числе атмосферного воздуха.

В последние годы медико-экологический мониторинг в городах приобретает все большую актуальность. Для него крайне необходимо иметь фактические данные по состоянию различных сред, в том числе почвенного покрова, как одной из главных составляющих. Снижение неблагоприятного воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения и его улучшение – одна из насущных задач общественного здравоохранения и экологической политики России.

Список литературы

1. Боев В.М., Быстрых В.В. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха и здоровье населения // В монографии: Цыгура А.А. и др. Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов Оренбургской области. – Оренбург, 1999. – гл. 6. – С. 129–146.
2. Методические указания МУ 2.1.7.730–99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. – М.: Санэпидздат 1999. – 26 с.
3. Основные показатели состояния здоровья населения Московской области за 2004–2005 гг.: сборник/Министерство здравоохранения Московской области, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Медицинский информационно-аналитический центр. – М., 2006. – 160 с.
4. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 350 с.
5. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Эко-токсикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.

Рецензенты:

Макаров О.А., д.б.н., профессор кафедры земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения, Московский государственный университет им. В.М. Ломоносова, г. Москва;

Абакумов В.А., д.б.н., профессор, зав. отделом мониторинга пресноводных экосистем Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, г. Москва.