

DOI:10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-293-295

ГЕОХИМИЯ ПОЧВ И ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ОГОРОДНЫМИ КУЛЬТУРАМИ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

SOIL GEOCHEMISTRY AND FEATURES OF HEAVY METALS ACCUMULATION BY VEGETABLE CROPS IN INDUSTRIAL CITIES OF BREST REGION

Михальчук Н.В., Брыль Е.А.

Mikhailchuk M.V., Bryl A.A.

e-mail: bryl_al@rambler.ru

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь
The Polesie Agrarian Ecological Institute of the NAS of Belarus, Brest, Belarus

Аннотация. Выявлены уровни содержания тяжелых металлов в огородных почвах и растениеводческой продукции гг. Пинск и Береза. Установлено аномальное накопление в почвах урболандшафтов цинка, свинца, меди и кадмия. Суммарное загрязнение (Zc) огородных почв г. Пинска в целом в три раза выше, чем г. Береза. В условиях промышленных городов юго-запада Беларуси приоритетными загрязнителями огородной продукции являются свинец, цинк, никель и хром. Наибольшие концентрации элементов отмечены в листовых овощах, пряных травах, а также в листьях плодовых и ягодных культур.

Abstract. The levels of heavy metals in vegetable soils and crops in Pinsk and Bereza were revealed. Abnormal accumulation of zinc, lead, copper and cadmium in soils of urban landscapes was established. Total contamination (Zc) of vegetable soils of Pinsk in general is three times higher than in Bereza. It has been revealed that in the conditions of industrial cities of the south-west of Belarus lead, zinc, nickel and chromium are the priority pollutants of vegetable products. The highest concentrations of elements were noted in leafy vegetables, spicy herbs, as well as in the leaves of fruit and berry crops.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвы урболандшафтов, огородные культуры.

Keywords: heavy metals, soils of urban landscapes, vegetable crops.

В настоящее время в связи с возрастанием антропогенной нагрузки на окружающую среду увеличивается содержание тяжелых металлов (ТМ) в почвах, что приводит к повышению их концентрации в выращиваемых растениях. Почвы урбанизированных территорий находятся под постоянным влиянием техногенеза, отличающегося территориальной неоднородностью, чрезвычайной контрастностью и разнонаправленностью воздействия, что обуславливает формирование весьма мозаичной картины их загрязнения ТМ. В результате в почвах городов и пригородов формируются геохимические аномалии, в границах которых отмечается превышение фоновых и предельно допустимых концентраций ряда химических элементов-загрязнителей, перечень которых обусловлен характером промышленного производства конкретного города, структурой транспорта и интенсивностью его движения [2, 5, 6]. Приоритетными загрязнителями городских почв Беларуси являются свинец и цинк – очень опасные для здоровья человека ТМ 1-го класса опасности. Среднее содержание свинца находится в пределах от 8 до 59 мг/кг почвы, среднее содержание цинка – от 14,5 до 64,6 мг/кг в зависимости от рассматриваемого города [2, 7, 11]. Характерная особенность многих городов Беларуси, в том числе и промышленных, – наличие огородных приусадебных участков, где местное население выращивает целый ряд культур, главным образом для личного потребления в пищу, а также для реализации на местных рынках. Накопление ТМ в организме человека происходит, прежде всего, с пищевой продукцией, особенно растительного происхождения. ТМ обладают выраженными муталятивными свойствами и при хроническом поступлении в организм человека способны вызывать как онкологические заболевания, так и нарушения нераковой этиологии [4, 8]. В этой связи чрезвычайно актуальной является проблема загрязнения ТМ огородных почв городов и качества растениеводческой продукции.

Целью исследований являлось выявление особенностей накопления ТМ в почвах и растениеводческой продукции городов Пинск и Береза.

Исследовались восемь элементов, которые всегда включаются в группу ТМ: цинк (Zn), медь (Cu), марганец (Mn), свинец (Pb), кадмий (Cd), никель (Ni), кобальт (Co), хром (Cr). Определение валового содержания ТМ в почвах проводили согласно ГОСТ ISO 22036-2014, в растениях – по ГОСТ 30178-96 на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой iCAP 7200 DUO (производство Thermo Scientific). Известно, что природный геохимический фон в урболандшафтах трансформирован в природно-техногенный и техногенный, т.е. сочетает в себе природную геохимическую составляющую и техногенное поступление элементов [9]. За «фоновое» значение в данных условиях принимается среднее содержание химических элементов в почвах города в целом или его конкретной функциональной зоны. Анализ содержания ТМ в почвах урболандшафтов гг. Пинск и Береза (табл. 1) позволил принять в качестве местного геохимического фона территории «молодых» окраин данных городов (южная и юго-восточная части г. Береза и северо-западная окраина г. Пинска).

Степень накопления ТМ в огородных почвах Пинска и Березы по сравнению с местным геохимическим фоном оценивали по значениям коэффициента концентрации или аномальности (Kc) (рис.). Данный коэффициент является одним из основных показателей уровня техно-геохимической трансформации поч-

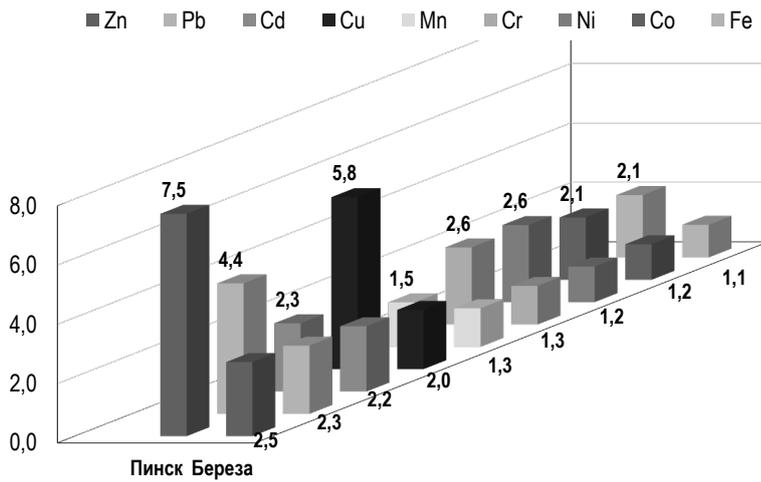


Рис. Значения Kc для огородных почв Пинска и Березы

(1,3) > Ni, Co (1,2) > Fe (1,1). Следовательно, для огородных почв Пинска и Березы характерно аномальное накопление цинка, меди, свинца и кадмия по отношению к фоновым территориям. При этом для Пинска выявлено превышение фона по цинку в 7,5 раз, по меди – в 5,8 раз, что соответствует категории слабого загрязнения почв. Экологический показатель суммарного загрязнения (Zc) для огородных почв Пинска составил 22,9 (умеренно опасное), для Березы Zc = 7,1 (допустимый уровень).

Таблица 1. Усредненное валовое содержание и фоновые уровни ТМ в огородных почвах гг. Пинск и Береза

Город	Содержание ТМ, мг/кг								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Mn	Ni	Co	Cr
Пинск	24,80	0,20	39,85	196,67	5922	250,29	6,75	2,34	15,95
Местный фон	5,70	0,08	6,90	26,30	2834	166,13	2,57	1,11	6,25
Береза	15,27	0,13	13,37	95,66	5441	259,63	4,93	2,19	14,46
Местный фон	6,73	0,06	6,78	37,52	5167	194,02	4,04	1,86	11,41

Усредненное содержание ТМ в огородной продукции рассматриваемых городов представлено в таблице 2. Концентрации ТМ в растениях не всегда коррелируют с уровнями их накопления в почвах, поскольку влияние на элементный состав, особенно наземной части растений, оказывает и аэрогенный перенос загрязнителей. Кроме того, агрохимические характеристики почвы (особенно гумусность, кислотность, режим фосфора) также влияют на подвижность элементов и их доступность для растений.

Интенсивность накопления элементов в растениях также оценивали по коэффициенту концентрации (Kc), который рассчитывался к местному биогеохимическому фону. В качестве критерия аномальности принимали значения Kc > 1,5 [10]. Установлено, что в целом в Пинске накопление ТМ огородными растениями выше, чем в Березе. Так, ранжированные геохимические ряды элементов по величине Kc в огородных культурах г. Пинска имеют следующий вид: для листовых овощей и пряных трав – Pb (4,4) > Ni (3,2) > Zn (2,7) > Cr, Co (2,6) > Fe (2,3) > Cu (1,4) > Mn (1,1) > Cd (0,6); для клубне- и корнеплодов – Zn (3,5) > Mn, Cu (2,0) > Cd, Fe (1,2) > Ni (1,1) > Cr (0,6) > Co (0,3); для плодовых овощей – Ni (2,3) > Cd (1,5) > Pb (1,4) > Zn (1,4) > Fe (1,2) > Cr (1,1) > Cu (1,0) > Co (1,0) > Mn (0,9); для листьев плодовых и ягодных культур – Pb (14,8) > Zn (4,7) > Fe (3,0) > Co (2,3) > Cr (1,7) > Ni (1,6) > Cu (0,9) > Mn (0,8). Ранжированные геохимические ряды элементов по величине Kc в огородных культурах г. Березы имеют следующий вид: для листовых овощей и пряных трав – Cr (2,9) > Ni (2,5) > Co (1,8) > Mn (1,7) > Pb (1,3) > Cu (0,9) > Fe (0,7) > Zn, Cd (0,5); для клубне- и корнеплодов – Ni (2,0) > Cu (1,1) > Cd (1,0) > Zn, Cr (0,8) > Mn, Fe (0,7) > Pb (0,4); для плодовых овощей – Zn (1,2) > Mn, Ni (1,1) > Cu, Co (1,0) > Fe, Cr (0,9) > Cd, Pb (0,6); для листьев плодовых и ягодных культур – Co (2,5) > Ni (2,4) > Cr (1,4) > Mn (1,2) > Pb (1,1) > Fe (1,0) > Cu (0,8) > Zn (0,7) > Cd (0,5).

Выявлено, что в условиях г. Пинска приоритетными загрязнителями огородной продукции являются свинец, цинк, никель и хром. Наибольшие концентрации ТМ отмечены в листовых овощах, пряных травах, а также листьях плодовых и ягодных культур. Так, содержание свинца в листьях растений превышает фоновые показатели в 4,4 – 14,8 раз. Накопление цинка огородными культурами достигает 4,7 фоновой величины. Содержание никеля, кобальта и хрома в листовых овощах выше фона в среднем в 2,8 раза, в листьях плодовых культур – в 1,8 раза. В тоже время в корне- и клубнеплодах, плодовых овощах содержание этих элементов на уровне фона и ниже. Отмечено, что по содержанию кадмия в растениях местный геохимический фон в г. Пинске несколько выше, чем на участках, подверженных загрязнению. Это объясняется сниженным уровнем содержания гумуса (2,1 – 2,4 %) и слабой обеспе-

венного покрова, отражает интенсивность загрязнения почв и показывает, во сколько раз реальное содержание поллютанта в данной почве выше, чем фоновые уровни или ПДК [1]. Согласно [3], при значении Kc от 5 до 10 загрязнение считается слабым, от 10,1 до 30 – умеренным, при значении более 30 – сильным. Установлено, что для огородных почв г. Пинска геохимический ряд элементов по величине Kc имеет следующий вид: Zn (7,5) > Cu (5,8) > Pb (4,4) > Ni, Cr (2,6) > Cd (2,3) > Co, Fe (2,1) > Mn (1,5). Геохимический ряд элементов по величине Kc для огородных почв г. Березы следующий: Zn (2,5) > Pb (2,3) > Cd (2,2) > Cu (2,0) > Mn, Cr

ченностью кальцием (1388 – 1692 мг/кг СаО) огородных почв фоновых участков, что снижает протекторные свойства данных почв в отношении кадмия.

Таблица 2. Содержание ТМ и микроэлементов в огородных культурах гг. Пинск и Береза

Город	Содержание ТМ и микроэлементов в сухом в-ве, мг/кг								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni	Co	Cr
<i>Листовые овощи и пряные травы</i>									
Пинск	0,61	0,09	5,19	36,02	22,39	138,29	0,73	0,26	0,58
Местный фон	0,14	0,14	3,72	13,30	19,70	59,57	0,23	0,10	0,22
Береза	0,40	0,06	4,32	21,77	47,18	64,76	1,37	0,09	1,67
Местный фон	0,31	0,12	5,08	45,43	27,78	93,85	0,55	0,05	0,57
<i>Клубнеплоды и корнеплоды</i>									
Пинск	0,10	0,06	5,05	36,81	7,73	19,65	0,14	0,01	0,11
Местный фон	н.п.о.*	0,05	2,52	10,57	3,87	16,70	0,13	0,03	0,17
Береза	0,04	0,02	1,68	8,71	3,15	12,95	0,06	н.п.о.	0,15
Местный фон	0,09	0,02	1,58	11,44	4,78	19,00	0,03	0,01	0,20
<i>Плодовые овощи</i>									
Пинск	0,14	0,03	4,89	22,71	7,30	30,36	0,28	0,02	0,17
Местный фон	0,10	0,02	4,85	16,29	7,73	25,77	0,12	0,02	0,16
Береза	0,16	0,03	5,15	24,66	7,07	24,69	0,13	0,01	0,16
Местный фон	0,26	0,05	5,05	20,13	6,16	28,15	0,12	0,01	0,17
<i>Листья плодовых и ягодных культур</i>									
Пинск	0,59	0,02	2,93	30,68	39,53	147,48	0,62	0,06	0,68
Местный фон	0,04	н.п.о.	3,15	6,58	52,20	49,85	0,40	0,03	0,39
Береза	0,40	0,01	2,76	18,39	34,98	58,18	0,63	0,05	0,45
Местный фон	0,36	0,02	3,39	25,65	29,57	59,53	0,26	0,02	0,32

* - н.п.о. – ниже предела обнаружения.

Для листовых овощей, пряных трав и листьев плодовых и ягодных культур приусадебных участков центральных районов г. Березы характерно накопление кобальта, никеля и хрома в 2,0 – 2,5 раза выше фоновых значений. Остальные элементы в огородных культурах Березы содержатся в концентрациях на уровне фоновых, что не вызывает опасений. Выявленная в огородных культурах гг. Пинск и Береза закономерность накопления ТМ в более высоких концентрациях листовыми овощами и пряными травами согласуется с ранее полученными сведениями в условиях г. Бреста и позволяет рекомендовать для выращивания в урболандшафтах культуры, минимально концентрирующие ТМ: плодовые овощи, корне- и клубнеплоды. Кроме того, не рекомендуется использование листьев ягодных и плодовых культур при консервации овощей, поскольку это может увеличивать риски накопления токсичных элементов в пищевой продукции.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ Х21-095 «Геохимия почв и особенности накопления тяжелых металлов в растениеводческой продукции огородных участков некоторых промышленных городов Брестской области», № ГР 20212986.

Литература

1. Головатый, С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С.Е. Головатый. – Минск : РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2002. – 240 с.
2. Городская среда: геоэкологические аспекты : монография / В.С. Хомич, С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2013. – 301 с.
3. Добровольский, В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639–645.
4. Ильин, В.Б. Мониторинг тяжелых металлов применительно к крупным промышленным городам / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 1997. – № 4. – С. 81–86.
5. Лукашев, В.К. Особенности распределения и формы соединений микроэлементов в почвах крупного промышленного города / В.К. Лукашев, Т.Н. Смуткина // Почвоведение. – 1984. – № 4. – С. 43–52.
6. Михальчук, Н.В. Содержание тяжелых металлов в огородных почвах жилой усадебной застройки г. Бреста / Н.В. Михальчук, М.М. Дашкевич, Е.А. Брыль [и др.] // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Сер. 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2020. – №2. – С. 115–120.
7. Михальчук, Н.В. Тяжелые металлы в почвах г. Бреста и особенности их накопления в огородных почвах жилой усадебной застройки / Н.В. Михальчук, Д.А. Трофимук, И.В. Ковалев [и др.] // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. прац, Палесскі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі; рэдкал. М.В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брест: «Альтернатива», 2018. – Вып. 11. – С. 77–80.
8. Мысльва, Т.Н. Канцерогенный и неканцерогенный риск для населения от потребления картофеля и овощей, выращиваемых в пределах агроселитебных ландшафтов / Т.Н. Мысльва, О.Н. Левшук // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2021. – № 4. – С. 65–75.
9. Савченко, С.В. Научно-методические подходы к установлению фоновых параметров содержания химических веществ в почвах Беларуси / С.В. Савченко, В.С. Хомич, О.В. Лукашев, В.В. Парфенов // Земля Беларуси. – 2019. – № 2. – С. 40–48.
10. Учет и оценка природных ресурсов и экологического состояния территорий различного функционального использования: метод. рекомендации / сост.: А.А. Головин, И.А. Морозова, Н.Я. Трефилова, Н.Г. Гуляева. – М.: ИМГРЭ, 1996. – 88 с.
11. Хомич, В.С. Цинк в почвах городов Беларуси / В.С. Хомич, Т.И. Кухарчик, С.В. Какарека // Почвоведение. – 2004. – № 4. – С. 430–440.