

УДК 631.4:5 (069) ББК 40.323:20.1

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВЕ И РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ HEAVY METALS IN SOIL AND PLANT PRODUCTION UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC POLLUTION

Г.Ф. Манторова, Челябинский государственный педагогический университет, 454001, г. Челябинск, ул. Бажова, 46 а, тел. (351) 772-16-59.
G. F. Mantorova, Chelyabinsk State Pedagogical University, 454001, Russian Federation, Chelyabinsk, Vazhova st., 46 а, tel. (351) 772-16-59.

В статье приведен анализ накопления тяжелых металлов в разном направлении и удалении от источника загрязнения в пахотном слое почвы, растительных образцах многолетних трав, плодах ягодных культур; в разных сортах свеклы и картофеля, которые выращены на рекультивированных землях.

Ключевые слова: тяжелые металлы (ТМ), валовое содержание ТМ предельно допустимые концентрации, средний элементарный состав растений, средний химический состав почвы, абсолютно сухое вещество, загрязнение окружающей среды.

The analysis of accumulation of heavy metals in 0–30 cm soil layer in different direction and distance from the pollution source, vegetable examples of permanent grasses, yields of baccate crops and also in beet of different varieties and in potato, cultivated on recultivated soils, is given in the article.

Key words: heavy metals, gross content of heavy metals, maximum allowable concentrations, average elementary composition of plants, average chemical composition of soil, oven-dry substance, environmental pollution.

Повышенный фон тяжелых металлов (ТМ) обычно свойствен тяжелым по гранулометрическому составу почвам (глинистым и тяжелосуглинистым), хорошо гумусированным, пониженный – легким (песчаным и супесчаным). Это различие объясняется тем, что тонкодисперсные минеральные частицы и гумусовое вещество почвы обладают высокой способностью депонировать ТМ.

На территории Челябинской области (где проводились исследования) распространены разнообразные комплексы горных пород, содержащих в повышенных концентрациях токсичные металлы. При неглубоком залегании эти комплексы активно участвуют в почвообразовании, что приводит к высоким значениям содержания ТМ в почве. Высшие растения, произрастая на почвах с повышенным содержанием ТМ, способны без каких-либо признаков отравления и патологических изменений накапливать опасные для животных и человека их концентрации. Особенность ТМ заключается в том, что они не подвергаются процессам естественного разрушения и, попадая в почву, становятся константным фактором [5, 6, 7]. Кроме того, Челябинская область с высоко развитым промышленным производством является зоной повышенного техногенного загрязнения, что может быть причиной загрязнения не только почв, но и сельскохозяйственной продукции токсикантами промышленного происхождения. ТМ могут попасть в почву также с компостами из бытового мусора, с органическими и минеральными удобрениями в виде естественных примесей, со сточными водами, при сжигании каменного угля, с аэрозолями, при добыче и переработке нефти, с транспортными выбросами и т.д. Среди загрязни-

телей окружающей среды наиболее опасными считаются ртуть, кадмий и свинец.

Цель исследований — изучить накопления ТМ в почве и растениях, пользуясь рекомендуемыми методическими указаниями [1].

В образцах почвы на угодьях с разным удалением от г. Челябинска содержание ТМ было крайне неравномерно, хотя и находилось в пределах ПДК (табл. 1).

Если сравнивать содержание ТМ в пахотном 0–30 см слое почвы при различном удалении от источника загрязнения со средним химическим составом по А.П. Виноградову [3], то можно отметить, что по свинцу, кадмию, цинку (кроме южного направления) и кобальту почти по всем объектам наблюдалось превышение средних показателей. Однако если сравнивать эти значения с ПДК по А. Клоке [9], то они их не превышают.

На участках в одинаковом удалении от источника (4 км) в южном и юго-западном направлениях в общем количестве накопленных ТМ отмечена разница, что связано с разным содержанием гумуса в почвах, разной кислотностью и неодинаковым рассеиванием техногенных эмиссий согласно направлению и длине векторов по розе ветров.

У растений есть свой естественный защитный барьер для ТМ. Они проникают в растения ступенчато: корень — проводящий орган — листья — запасующий орган. Наиболее защищенным от проникновения ТМ у растений является орган накопления ассимилянтов — плоды, семена. В наших исследованиях больше всего ТМ накапливалось в вегетативных органах растений. Содержание их в зеленой массе многолетних трав было выше, чем в плодах ягодных культур (табл. 2).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почве при различном удалении от источника загрязнения (лето 1997 г.)

Расстояние от источника загрязнения и направление	Слой почвы, см	Тяжелые металлы, мг/кг почвы									
		свинец	кадмий	марганец	медь	цинк	никель	кобальт	железо	стронций	хром
4 км, южное	0–10	17,6	0,57	283	12,7	47,7	18,2	7,8	4050	2,5	19,6
	10–20	28,8	0,52	357	14,2	46,4	19,4	8,7	4550	3,1	22,3
	20–30	15,9	0,45	316	10,2	44,6	17,6	8,1	4250	3,1	19,5
4 км, юго-западное	0–10	20,6	0,74	540	18,8	84,0	31,8	13,1	12000	5,0	32,4
	10–20	21,4	0,69	762	22,2	84,9	37,9	14,4	12150	4,6	28,9
	20–30	19,5	0,63	523	19,2	76,9	31,3	11,4	11500	4,4	28,1
7 км, юго-западное	0–30	24,1	0,72	392	22,5	176,0	32,4	11,3	9150	9,7	40,6
Валовое содержание ТМ в почве по Bowen, мг/кг	0–30	10	0,06	850	20,0	50,0	40,0	8,0	38000	300	100
Средний химический состав по Виноградову, мг/кг	0–30	10	0,50	800	80,0	50,0	40,0	8,0	37000	300	200
ПДК по А. Клоке, мг/кг	0–30	100	3,0	—	100,0	300	50,0	—	—	—	100
ПДК (Россия)	0–30	32	3-5	—	—	—	50,0	—	—	—	—

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в растительных образцах (1997 г.)

Растение	Тяжелые металлы, мг/кг на абсолютно сухое вещество										
	свинец	кадмий	марганец	медь	цинк	никель	кобальт	железо	стронций	ртуть	всего
Многолетние травы	2,8	0,19	38,8	6,2	40,5	1,6	0,91	211	62,2	0,02	364
Шиповник (плоды)	0,3	0,02	5,3	1,3	4,2	0,2	0,12	8	3,5	0,0008	23
Вишня (плоды)	0,4	0,69	3,9	3,3	4,7	0,2	0,19	28	0,7	0,001	42
Черная смородина (плоды)	0,6	0,13	6,5	3,9	12,5	0,6	0,27	58	2,4	0,003	85
Ирга (плоды)	0,8	0,08	14,4	2,9	18,9	0,7	0,44	57	9,4	0,0044	104
Средний элементарный состав растений по Виноградову	0,1	0,01	10	2	3	0,5	0,02	200	1	0,001	217
ДОК в растениях, мг/кг массы (Найштейн, Меренюк, Чегринцев, 1987)	0,5	0,03	—	10	10	0,5	—	—	—	—	—

Так, если свинца в многолетних травах и луговом разнотравье содержалось 2,2—2,8 мг/кг абсолютно сухого вещества, то в плодах шиповника, вишни, черной смородины, ирги — 0,3—0,8 мг, т.е. в 2,8—10,7 раза меньше. Подобные результаты были и по другим химическим элементам. Среди ягодников наиболее экологичной была вишня. В ее плодах, взятых на анализ с участков, расположенных в различных направлениях на разном удалении от источника загрязнения, допустимые концентрации изучаемых ТМ, кроме концентрации кадмия (0,69 против 0,03 по ДОК), по С.Я. Найштейну, Г.В. Меренюку, Г.Я. Чегринцу [4], были в пределах нормы. Содержание кобальта — 0,12—0,19 мг/кг сухой массы растений было выше показателя среднего элементарного химического состава в растениях по Виноградову (0,02 мг/кг).

В плодах черной смородины отмечено превышение допустимых концентраций свинца, кадмия, цинка, никеля; в плодах вишни — кадмия; в плодах ирги — свинца, кадмия, цинка, никеля. В шиповнике превышение допустимых концентраций ТМ не отмечено, хотя показатели содержания ТМ в плодах по сравнению с показателями среднего элементарного химического состава растений по А.П. Виноградову [2] были несколько выше.

Сравнивая между собой растения по сумме всех накопленных ТМ, можно отметить, что меньше всего их на единицу биомассы аккумулировали в своих плодах шиповник, затем вишня, черная смородина. Замыкает ряд ягодных культур ирга.

Многолетние травы содержали ТМ практически по всем элементам значительно больше, чем плоды ягодных культур. ТМ по-разному накапливались не только в различных органах одного и тем более разных растений, но и в одинаковых органах. Например, в плодах у разных ягодных культур, даже если они относились к одному семейству (вишня, шиповник, малина, ирга) и росли на одном участке, их количество было неодинаковым.

На основании проведенных исследований можно заключить, что основные загрязнители окружающей среды г. Челябинска расположены на северо-востоке и на востоке города: цинковый завод, металлургический комбинат, электролитный цинковый завод, тракторный завод, тепловая электрическая станция и другие промышленные предприятия. Самый длинный вектор розы ветров (преобладающих ветров) направлен с северо-востока на юго-запад. Поэтому именно в этом направлении идет основное загрязнение окружающей среды эмиссиями промышленных объектов как в городе, так и в пригороде и более отдаленных от г. Челябинска районах.

Изучаемые растительные образцы — плоды шиповника и вишни не содержали ТМ в концентрациях, превышающих допустимые значения (кроме кадмия в плодах вишни). В образцах многолетних трав, плодах черной смородины и плодах ирги по свинцу, кадмию, цинку и никелю установлено превышение допустимых концентраций ТМ в растениях. Значения же содержания

ТМ в почве, несмотря на некоторое превышение их средних показателей по Виноградову, были ниже ПДК.

В Челябинской области имеется 26,843 тыс. га нарушенных земель, что составляет 0,3% от общей площади, или 1% от площади пашни. Нарушения произошли в результате разработки месторождений полезных ископаемых, их переработки и проведении геологоразведочных работ, при торфоразработках и проведении строительных работ. Большая часть нарушенных земель принадлежит предприятиям угольной промышленности, черной и цветной металлургии. Эти земли представлены выемками карьеров, провалами поверхности, отвалами отработки карьеров и шахт. В настоящее время бывшие карьеры используются сельскохозяйственными акционерными обществами и товариществами. Как правило, такие земли располагаются вблизи крупных населенных пунктов, где каждый клочок используется под сады и огородные участки, поэтому есть опасность загрязнения выращиваемых на них сельскохозяйственных культур различными токсикантами.

Исследования по изучению накопления тяжелых металлов — кобальта и железа в растениях картофеля и свеклы разных сортов проводились на рекультивированных землях, на месте бывших отвалов от обогатительной цирконово-вой фабрики. Эти отвалы содержат химические элементы в большом ассортименте (в т.ч. присутствуют кобальт и железо). Чтобы исключить попадание указанных химических элементов с поливной водой, провели химический анализ воды, который показал, что кобальт и железо в воде находились в пределах ПДК. Следовательно, загрязнение почвы с поливной водой произойти не могло.

Анализ почвы, показали, что в слоях почвы по мере углубления содержание кобальта несколько повышается, особенно в слое 20—30 см, а железа, наоборот, становится меньше. Так, например, содержание кобальта в слое 0—20 см составляло 0,8 мг/кг почвы, а в слое 20—30 см уже — 6,3 мг/кг. Содержание железа в слое 0—20 см составило 3,72 мг/кг, а в слое 20—30 см — 0,32 мг/кг почвы, т.е. уменьшилось.

Исследования проводили в засушливом 1995 г. За вегетацию выпало всего 110 мм осадков, а за год — 214 мм или в два раза меньше среднегогодовой нормы. В связи с тем, что повышенная концентрация почвенного раствора способствует значительному накоплению тя-

Таблица 3. Содержание кобальта и железа в золе картофеля и свеклы разных сортов (по данным Г.Ф. Манторовой, Т.И. Зайцевой, А.И. Саханенок [8])

Культуры	Кобальт			Железо		
	мг/кг сухого вещества	ПДК, мг/кг сухого вещества	% от ПДК	мг/кг сухого вещества	ПДК, мг/кг сухого вещества	% от ПДК
Картофель	2,59	0,32	809	5,620	12,5	45,0
Свекла: Бордо	7,79	0,32	2434	21,574	12,5	172,4
Цилиндр	5,19	0,32	1622	1,823	12,5	14,6
Египетская плоская	4,64	0,32	1450	2,092	12,5	16,7

железных металлов растениями, особую опасность могли представлять рекультивированные земли на бывших отвалах при выращивании культур с глубоко идущей корневой системой. Значительная сухость воздуха и недостаток влаги в почве (несмотря на двухразовый в неделю полив) способствовали быстрому ее иссушению, что не могло не отразиться на накоплении тяжелых металлов в корне- и клубнеплодах (табл. 3).

Содержание кобальта в картофеле и свекле разных сортов превышало предельно допустимые концентрации (табл. 3). В свекле эти отклонения были на порядок выше, что объясняется тем, что свекла, в отличие от картофеля, имеет глубоко идущую в почву корневую систему (до 1 м) и, следовательно, может подтягивать химические элементы из более глубоких слоев. Причем, как вы-

явлено, сорта свеклы обладают разной способностью накапливать ТМ. Так, по железу отмечено превышение его содержания в корнеплодах у сорта свеклы Бордо. Неодинаковую толерантность к металлам у растений различных семейств, видов и сортов отмечает также и Ю.В. Алексеев [1].

Таким образом, проведенные исследования на рекультивированных землях подтвердили предположение, что в засушливые годы и при выращивании культур на богаре есть опасность накопления тяжелых металлов в растениях выше допустимых норм. Поэтому на этих землях необходимо подбирать такие растения и сорта, у которых корневая система располагается в верхнем окультуренном слое почвы, а в пищу использовать органы, менее всего накапливающие ТМ. ■

Литература:

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л.: Агропромиздат. Лен. отд., 1987. — 142 с.
2. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. — М., 1952. — С. 7–20.
3. Кузнецов А.В., Фесюн А.П., Самохвалов С.Г. и др. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. — М.: ЦИНАО, 1992. С. 6–9.
4. Найштейн С.Я., Меренюк Г.В., Чегринцев Г.Я. Гигиена окружающей среды и применение удобрений. — Кишинев: Штиинца, 1987. — 143 с.
5. Стрнад В., Золотарева Б.Н., Лисовских А.Е. Влияние внесения водорастворимых солей свинца, кадмия и меди на их поступление в растения и урожайность некоторых сельскохозяйственных культур // Агрохимия. — 1991, 54. С. 76–83.
6. Тараторина (Манторова) Г.Ф., Аниканов Ю.В., Казаченок Н.Н., Нечаева Ю.К. Распределение металлов по профилю почв г. Челябинска // Учен. Записки ест.-тех. фак-та ЧГПУ: Сб. науч. работ. — Челябинск: изд-во ЧГПУ, 2001. — С. 257–270.
7. Тараторина (Манторова) Г.Ф., Аниканов Ю.В. Тяжелые металлы в почве и растениях в пригородной зоне г. Челябинска // Проблемы химического загрязнения территорий Челябинской области: Материалы науч. конф., 23–24 декабря 1999 г. — Челябинск, 1999. С. 35–37.
8. Тараторина (Манторова) Г.Ф., Зайцева Т.И., Саханенок А.И. Содержание кобальта в картофеле и столовой свекле, выращенных на рекультивированных землях // Проблемы экологии и экологического образования / Тез. докл. — Миасс. — 1997. С. 56–57.
9. Kloke A. Richtwerte 80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // Mitteilungen. — VDLUFA, 1980. — Н. 1–3.