

Литература

1. Печковский В.В., Александрович В. М., Пинаев Г. Ф. и др. Технология калийных удобрений. — Минск.: Вышэйшая школа, 1978. — 304 с.
2. Сеймур Д.Е. I. am. oil. Chemist. 4, 215, 1957.
3. Патент США № 2689173, 1954.
4. Патент США № 2946155, 1960
5. Swillens Eckhard. "Chem. Techn", 20, 11, 677, 1968.
6. I. Silverberg, I. Zehr, G. Hoffmeister. I. Agr. and Food. Chem. 6, 6, 442, 1958.
7. F. Micek, I. Nyvlt. // Chem. prumysl, 16, 10, 584, 1966.
8. M. P. Bhatt, D. S. Dator. Solt Rescarch Ind. 5, 3, 57, 1968.
9. Двойнов А.И. Автореферат дис... к.т.н. ..05.17.01. — Технология неорганических веществ, Москва, 1973.

О Посторонко А.И., 2007

УДК 622.766:546.95

Хоботова Э. Б., Уханёва М. И., Скляренко Е. Н. (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Исследовано накопление тяжелых металлов в почвах и различных видах огородных культур. Проанализировано накопление тяжелых металлов различными органами растений, а также влияние кислотности почвы на процесс кумуляции. Показана возможность антагонистического и синергетического комбинированного действия тяжелых металлов.

Увеличение содержание тяжелых металлов (ТМ) в почве ведет к возрастанию их концентрации в растениях. Об этом свидетельствуют многочисленные факты, выявленные при изучении антропогенного загрязнения почв. Основные литературные данные по содержанию в почвах ТМ относятся к территориям вблизи промышленных предприятий [1–5], либо при внесении осадков сточных вод в почву [6, 7]. Имеются данные по подвижности ионов ТМ в различных почвах и по их распределению по профилю почвы [8]. Техногенное загрязнение влияет на лесные массивы и сельскохозяйственные угодья. Воздействие на них ТМ ухудшает рекреационные возможности местных ландшафтов, снижает продуктивность лесов, ставит под сомнение качество производимой здесь продукции растениеводства и животноводства [9].

Работа выполнена в рамках государственной программы охраны окружающей среды — 4-ое направление научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины.

Целью настоящей работы является исследование содержания ряда тяжелых металлов в почвах и растениях, произрастающих на полях сельских хозяйств Дергачевского района Харьковской области, которые удобряются производственными шламами, а также разработка рекомендаций по снижению уровня загрязнения почв и растительности.

В ходе выполнения работы использовались различные экспериментальные методы. рН Водной вытяжки из почвы определяли с помощью рН-метра милливольтметра рН-673. Подвижные формы ТМ определялись при помощи химических соединений, имеющих различную экстрагирующую способность. Были опробованы ацетатно-амонийный буфер с рН = 4,8; 1Н НСl; 0,02 М ЭДТА + 1 М

$\text{CH}_3\text{COONH}_4$; 0,005М ДТПА + 0,01 М CaCl_2 + 0,1 МТЭА с $\text{pH} = 7,3$. При использовании экстрагентов предполагается, что они извлекают доступную для растений часть ТМ. Концентрации ТМ определяли методами атомно-абсорбционным и капиллярного электрофореза. Пробы почвы отбирали после снятия слоя дерна с глубины до 5 см (поверхностный слой) и с глубины до 100 см (по профилю почвы).

Исследовано содержание ТМ в почвах и растительности, произрастающей на полях сельских хозяйств Дергачевского района (п.п. Русская Лозовая, Черкасская Лозовая). Многие земли Дергачевского района удобряются осадками сточных вод предприятий г. Харькова. Поля, примыкающие к п. Русская Лозовая и Черкасская Лозовая, удобряются шламами, поступающими со станции нейтрализации производственного объединения «Коммунар». Были взяты 24 пробы грунтов и 30 проб растительности. Пробы грунта брали с глубины 5–10 см.

Предварительно сточные воды ПО «Коммунар» исследовались на содержание ТМ. В сточных водах были обнаружены ТМ: Cd, Pb, Zn, Cr, Cu. Их количественное содержание приведено в таблице 1.

Таблица 1. Содержание ТМ в осадке сточных вод, мг/кг сухой массы

Cd	Pb	Zn	Cr	Cu
21	480	1250	730	1280

Насыщенность сточных вод ТМ достаточно высокая. Особенно это касается Cu, Cd, Zn. В осадках преобладает кислоторастворимая форма, доля подвижной и обменной форм Zn и Cd довольно высокая, Cu, Pb — очень небольшая (таблица 2).

Таблица 2. Формы тяжелых металлов в осадке сточных вод, мг/кг сухой массы

Форма	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu
Кисло-растворимая (1Н HCl)	19	470	310	320	970
Подвижная (ацетатно-аммонийный буфер, $\text{pH}=4,8$)	4	12	240	20	6
Обменная (1Н ацетат аммония, $\text{pH}=7$)	1	2	40	следы	3

Определение содержания тяжелых металлов в огородных культурах показало, что загрязненность растительной продукции не столь велика, как можно было предполагать, исходя из загрязненности почвы. Мы рассматриваем это как следствие работы защитных механизмов неспецифической природы, благодаря которым значительная часть избыточных ионов остается за пределами органов запасаания ассимилятов.

Имеющиеся данные (таблица 3) свидетельствуют о том, что содержание тяжелых металлов в огородных культурах колеблется в широких пределах. Наибольшее накопление наблюдается в зоне самого высокого загрязнения почвы. Заметно различие видов огородных культур по насыщенности тяжелыми металлами: менее других их содержат капуста и помидоры, более — свекла и картофель.

Для гигиенической оценки выращенной огородной продукции можно воспользоваться сведениями о допустимом остаточном количестве (ДОК). Если при этом ориентироваться на усредненные показатели, то следует признать качество растительной продукции нормальным: во всех культурах содержание тяжелых металлов не превышает ДОК. Исключение составляет свекла, среднее содержание Cd в которой превышает гигиеническую норму.

Однако усредненные данные не могут быть использованы для оценки качества картофеля и овощей, выращенных на индивидуальных участках для личного потребления. Необходимо оценивать огородные культуры в каждой конкретной точке исследования. В этом случае экологическая обстановка выглядит менее благополучной (таблица 4).

На большей части огородов опасно загрязнена Cd свекла. В 15% исследованных проб моркови отмечено превышающее ПДК содержание Cd и Cr. Нельзя назвать благополучным положение с качеством основной продовольственной культуры — картофеля, поскольку в 15% проб концентрация Cd и Cr превысила гигиеническую норму.

Таблица 3. Содержание ТМ в почвах и огородных культурах, выращенных на полях п. Русская Лозовая и Черкасская Лозовая, мг/кг сырой массы

Культура	Cd		Pb		Zn		Cr		Cu	
	среднее	пределы	среднее	пределы	среднее	пределы	среднее	пределы	среднее	пределы
картофель	0,025	0,017-0,037	0,11	0,09-0,18	3,40	2,25-4,43	0,10	0,018-0,62	0,66	0,36-1,42
капуста	0,012	0,005-0,026	0,10	0,05-0,17	1,96	0,78-2,99	0,04	0,01-0,14	0,19	0,08-0,32
томаты	0,012	0,001-0,027	0,09	0,04-0,20	1,62	1,10-3,26	0,07	0,004-0,2	0,45	0,19-0,81
свекла	0,04	0,02-0,078	0,14	0,004-0,45	7,09	1,26-15,9	0,07	0,01-0,29	1,09	0,36-1,74
морковь	0,019	0,006-0,038	0,10	0,01-0,25	2,58	0,66-4,92	0,11	0,02-0,71	0,36	0,13-0,74
лук	0,018	0,006-0,044	0,08	0,02-0,11	3,92	1,81-1,061	0,07	0,02-0,21	0,28	0,15-0,50
почва	Валовое содержание в вытяжке 0,2 МЭДТА+1М СН ₃ СООН ₄									
	1,0 0,05		15,0 1,4		45,0 6,2		6,5 0,03		13,4 2,1	

Таблица 4. Загрязненность огородных культур ТМ, % от общего количества проб

Культура	Zn > ПДК	Cd > ПДК	Cr > ПДК
Картофель	0	15	15
Капуста	0	0	0
Помидоры	0	0	5
Свекла	20	62	5
Морковь	0	15	15
Лук	5	10	5

Содержание ТМ в поедаемой части растений сильно колеблется. Среди культур наибольшее содержание ТМ отмечается в картофеле, моркови, свекле. Наиболее благополучной культурой оказалась капуста. Эта культура способна успешно противостоять потоку избыточных ионов из почвы и сохранять гигиенически приемлемую чистоту кочанов при разной степени насыщенности почвы шламами.

Главную опасность представляет загрязненный картофель — основной растительный продукт питания местного населения. Не исключено, что описанная ситуация ещё более тревожна из-за возможного аддитивного отрицательного влияния на здоровье человека присутствующих в растительной продукции тяжелых металлов, оценить которое мы пока не умеем.

Особого внимания заслуживает кадмий. Он содержится в природных средах в чрезвычайно малых количествах: в незагрязненных почвах его в 700–1000 раз меньше, чем цинка. При определении Cd требуется очень чувствительная аппаратура. Вместе с тем Cd более подвижный, чем остальные приоритетные тяжелые металлы. Кадмий сравнительно легко поступает в надземную часть растений и проникает в органы запасаания ассимилятов. Именно это обстоятельство делает изучение этого металла особенно

актуальным, а оценку гигиенического качества растительной продукции в отсутствие сведений о кадмии неполной и во многих случаях несостоятельной. К сказанному следует добавить медицинский аспект: кадмий относится к группе медленно выводимых из организма человека элементов, в связи с чем вероятность кумулятивного эффекта становится высокой.

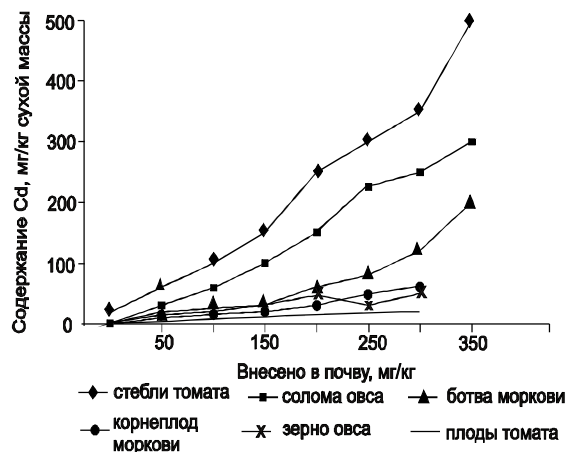


Рис. 1. Накопление кадмия в разных органах сельскохозяйственных культур.

рисунке 1. Концентрация Cd в этих органах даже в варианте с наибольшей дозой металла возросла только в 3–5 раз, тогда как в стеблях (листьях) — в 20–25 раз.

Содержание ТМ существенно изменяется при варьировании реакции среды обитания. Об этом свидетельствуют данные рисунка 2. При уменьшении pH с 7 до 5,5 количество Cd в салате возрастает в варианте с наиболее сильным загрязнением в 4 раза.

Вопросы синергизма и антагонизма ионов тяжелых металлов, поступающих в пищевую цепь, разработаны недостаточно. Известно, что элементы минерального питания растений могут взаимодействовать в зависимости от обстоятельства как синергетически, так и антагонистически. Вероятно, то же самое имеет место и во взаимодействиях тяжелых металлов. Например, показано (таблица 5), что по сравнению с отдельным применением совместное использование четырех тяжелых металлов заметно повысило в листьях кукурузы количество Cd, немного увеличило содержание Pb и Cu и примерно в 3 раза уменьшило концентрацию Zn. Принимая во внимание специфику затронутой в работе темы, следует подчеркнуть, что явление синергизма должно вызывать повышенную озабоченность при решении практических задач.

Таким образом, установлено, что при применении шламов в сельском хозяйстве существует настораживающее обстоятельство: подобная их утилизация призвана осуществить лишь временную экологическую разрядку.

Из органов растений наибольшее накопление отмечено для корневой системы. Корень первым принимает на себя поток ТМ при усвоении из почвы. По мере увеличения дозы ТМ содержание последних возрастает в корнях по сравнению с другими органами более быстрыми темпами. То есть, корни выполняют защитную функцию.

Защищенность органов накопления ассимилятов от избыточного поступления кадмия (одного из наиболее проникающих в растительный организм тяжелых металлов) хорошо прослеживается на

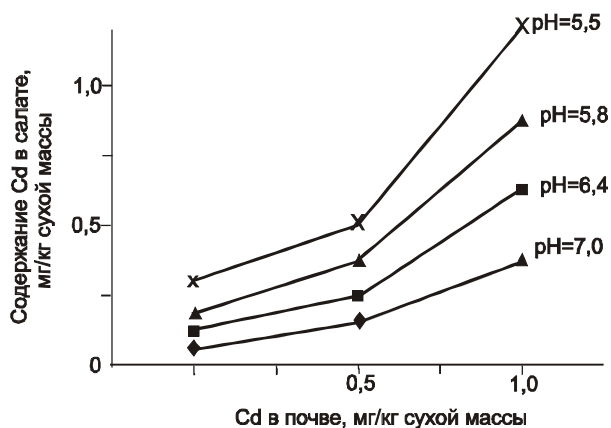


Рис. 2. Влияние pH почвы на накопление кадмия салатом.

Практически происходит передислокация тяжелых металлов из мест хранения осадков на сельскохозяйственные угодья. Существующая проблема с еще большей остротой встанет перед нашими потомками.

Таблица 5. Влияние на кукурузу раздельного и совместного внесения тяжелых металлов Zn, Pb, Cu, Cd

Элемент	Внесение	Доза, мг/кг почвы	Количество металла в листьях, мг/кг
Zn	Раздельное	300	1850
	Совместное		650
Pb	Раздельное	100	3,5
	Совместное		3,8
Cu	Раздельное	100	23
	Совместное		30
Cd	Раздельное	100	82
	Совместное		102

Из-за высокого содержания ТМ в шламах они могут использоваться в сельском хозяйстве очень осторожно. Лучше избежать применения шламов при выращивании кормовых культур и в овощеводстве. Если этого избежать невозможно, то необходимо строго регламентировать их внесение.

Литература

1. Серебrenникова Л. Н., Обухов А. И., Решетников С. И., Горбатов В. С. Содержание и распределение тяжелых металлов в почвах техногенных ландшафтов // Почвоведение, 1982. — № 12.
2. Маханько Э. П., Малахов С. Г., Вертинская Г. К. Опыт исследования загрязнения почв металлами вокруг металлургических предприятий // Тр. ин-та эксперимент. метеорол. — М.: Гидрометеиздат, 1985. — Вып. 13 (128). — С. 50–59.
3. Первунина Р. И., Зырин Н. Г., Малахов С. Г. Показатели загрязнения системы почва — сельскохозяйственные растения кадмием // Тр. ин-та эксперимент. метеорол. — М.: Гидрометеиздат, 1987. — Вып. 14 (129). — С. 60–65.
4. Гармаш Г. А. Закономерности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах, находящихся в зоне воздействия металлургических предприятий // Почвоведение, 1985. — № 2.
5. Дончева А. В., Казаков Л. К., Калуцков В. Н. Оценка поступления тяжелых металлов в ландшафт // Химия в сел. хоз-ве, 1982. — № 3.
6. Лурье Н. Ю. Влияние техногенных выбросов металлургических предприятий на структуру микробных ценозов южных черноземов // Химия в сел. хоз-ве, 1985. — № 6.
7. Williams D. E., Vlamis J., Pukite A. H., Corey J. E. Metal movement in sludge-amended soils // Soil Sci., 1987. — № 2.
8. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 142 с.
9. Bowie S., Thornton I. Environmental Geochemistry and Health // Boston; Lancaster: Reidel Publishing Company, 1984. — 140 p.

О Хоботова Э.Б., Уханева М.И., Скляренко Е.Н., 2007

УДК 622.766:546.95

Хоботова Е. Б., Уханьова М. І., Трохименко О. В., Скляренко О. М.
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ҐРУНТАХ ПОБЛИЗУ ПІДПРИЄМСТВА "БАЛЦЕМ" м. БАЛАКЛЕЯ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Проаналізовано стан ґрунтів поблизу підприємства "Балцем" м. Балаклея Харківської області щодо забруднення важкими металами. Виділено важкі метали, які мають найбільшу міграційну здатність, площу та глибину забруднення ґрунту.