

УДК 556.314

Поглощение меди, свинца и цинка аллювиальной почвой при полиэлементном загрязнении в модельном эксперименте

О.М. ХРАМЧЕНКОВА, А.М. БУДОВ, А.А. ГОРНАСТАЛЕВ

Введение

Возрастающее воздействие человека на окружающую среду является следствием нарушений естественных процессов миграции элементов. Изучение поглощения тяжелых металлов (ТМ) почвами – важная научная и практическая задача, так как ее решение позволяет оценивать и прогнозировать состояние почвенного покрова, разрабатывать мероприятия по снижению или ликвидации токсико-экологических последствий промышленного загрязнения.

Техногенное загрязнение почв соединениями ТМ в зоне воздействия промышленных предприятий обычно носит полиэлементный характер. В этом случае имеют место процессы взаимодействия катионов металлов с почвенными реакционными центрами и конкурентного влияния ионов одних элементов на ионы других. Это приводит к перераспределению ионов между реакционными центрами в соответствии с сорбцией к ним различных ТМ [1].

Существует обширная литература по поведению в почве и системе почва-растение отдельных ТМ, установлены некоторые закономерности взаимодействия ионов. Избирательность поглощения элементов почвой, антагонистически-синергические взаимодействия микро- и макроэлементов при их транслокации, различная толерантность растений к отдельным загрязнителям и их сочетанию являются причиной актуальности моделирования полиэлементного загрязнения почв.

Целью настоящей работы являлось изучение распределения тяжелых металлов (цинка, меди и свинца) по фракциям при полиэлементном загрязнении в модельном эксперименте.

Методика исследований

Для изучения послойного распределения тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb) по фракциям использовали колонки 100×100×50 см в полевых условиях. Керна почвы, не нарушая структуры, помещали в колонку, после чего методом поверхностного налива дважды (в июле и октябре 2003 г.) вносили водные растворы нитратов Zn, Cu и Pb в количествах, приведенных в табл. 1. Внесенные количества тяжелых металлов составляли 3-10 величин фоновых концентраций региона.

Таблица 1

Вариант	Медь		Свинец		Цинк	
	июль	октябрь	июль	октябрь	июль	октябрь
1	100	100	100	100	300	300
2	300	300	300	300	500	500
3	500	500	500	500	1000	1000

Отбор проб почвы проводили через 3, 9, 12 и 15 месяцев после первого внесения тяжелых металлов послойно: дернина, 0-2, 2-5, 5-10, 10-20 см. Повторность отбора проб для анализа – трехкратная. Пробы высушивали, просеивали, после чего из одной навески путем последовательного выщелачивания (H₂O, 1м CH₃COOH, 1м HNO₃, 6м HNO₃) выделяли под-

вижные и связанные формы тяжелых металлов. Содержание меди, свинца и цинка в вытяжках определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

В эксперименте были использованы пробы аллювиальной (пойменной) дерново-глеевой связнопесчаной почвы со слабокислой реакцией и пониженным содержанием подвижных форм фосфора и калия (табл. 2).

Таблица 2.

Агрохимическая характеристика почвы

РН _{KCl}	Гумус, %	Hr, М-экв на 100г	S, М-экв на 100г	V, %	P ₂ O ₅ мг/кг	K ₂ O мг/кг
5,20	0,95	0,82	1,75	68	25	17

Для эксперимента был выбран наиболее распространенный в Гомельском районе тип пойменных почв.

Результаты и обсуждение

В таблицах 3–5 приведены результаты определения подвижных (сумма водной и ацетатной вытяжек) и фиксированных (сумма вытяжек 1м и 6м HNO₃) форм меди, свинца и цинка в почве.

Таблица 3.

Содержания меди в почве, мг/кг

Слой Почвы	1 площадка				2 площадка				3 площадка			
	Время после внесения, мес				Время после внесения, мес				Время после внесения, мес			
	3	9	12	15	3	9	12	15	3	9	12	15
Дернина	0,14	0,66	0,12	0,12	0,20	0,58	0,47	0,23	0,18	0,89	0,37	0,24
	0,42	3,07	3,90	1,08	0,43	6,77	6,14	1,81	1,71	11,41	9,47	2,59
0-2 см	0,14	0,20	0,32	0,13	0,15	0,40	0,30	0,19	0,25	0,69	0,52	0,17
	0,24	1,58	1,69	0,95	0,31	2,47	2,19	0,84	1,57	4,00	5,01	1,18
2-5 см	0,14	0,36	0,28	0,12	0,17	0,39	0,25	0,16	0,20	0,50	0,23	0,17
	0,30	1,39	1,12	0,76	0,19	1,72	1,49	0,82	0,19	1,62	2,01	0,92
5-10 см	0,07	0,30	0,15	0,13	0,13	0,33	0,19	0,19	0,12	1,92	0,20	0,17
	0,20	1,20	1,07	0,82	0,19	1,60	1,10	0,78	0,16	1,38	1,33	0,82
10-20 см	0,13	0,30	0,15	0,16	0,14	0,34	0,23	0,14	0,08	2,19	0,20	0,20
	0,15	1,07	1,03	0,56	0,21	1,61	0,96	0,57	0,22	1,22	1,08	1,31

В числителе – содержание подвижных форм, в знаменателе – фиксированных форм

На фоне отчетливо выраженных процессов вертикальной миграции максимальные валовые значения содержания меди независимо от вносимых концентраций солей были обнаружены в дернине. Через 12 месяцев после начала эксперимента содержание меди в дернине составляло до 50% от валового содержания в исследуемых слоях почвы. В остальных слоях почвы медь распределилась практически равномерно.

Колебания содержания подвижных форм меди по исследуемым слоям, по-видимому, объясняются сезонными изменениями влажности почвы. Через 12-15 месяцев после начала эксперимента был отмечен переход меди из потенциально-подвижной фракции, извлекаемой 1м азотной кислотой, в подвижную форму.

Таблица 4.

Содержания свинца в почве, мг/кг

Слой почвы	1 площадка				2 площадка				3 площадка			
	Время после внесения, мес				Время после внесения, мес				Время после внесения, мес			
	3	9	12	15	3	9	12	15	3	9	12	15
Дернина	0,03	1,28	1,54	0,19	0,13	2,62	1,69	0,36	0,16	3,55	2,58	0,20
	0,10	3,37	3,58	2,27	0,17	3,54	2,80	3,52	0,18	3,24	4,13	0,42
0-2 см	0,04	0,14	3,46	0,25	0,08	1,67	3,24	0,32	0,18	2,21	3,14	0,10
	0,08	3,32	3,51	2,20	0,04	2,89	5,36	2,10	0,09	2,69	3,22	2,30
2-5 см	0,02	1,77	2,05	0,35	0,07	1,39	1,97	2,84	0,09	0,70	1,94	0,49
	0,04	3,23	2,06	3,42	0,09	2,77	3,35	7,25	0,18	0,30	2,02	4,94
5-10 см	0,13	0,81	3,78	0,18	0,11	1,11	1,70	0,35	0,07	0,52	1,13	0,18
	0,08	2,96	3,17	2,26	0,08	2,67	1,28	1,86	0,05	1,67	1,28	2,05
10-20 см	0,12	0,99	1,79	1,15	0,06	2,53	1,41	0,25	0,09	0,66	1,30	0,22
	0,04	3,19	3,23	1,75	0,04	2,98	1,77	1,50	0,07	2,31	1,43	2,07

С увеличением концентрации вносимых растворов свинца в начале эксперимента возрастала доля подвижных форм, что свидетельствует о довольно медленно протекающих процессах почвенной фиксации элемента. Максимальное содержание свинца через 12 месяцев после внесения растворимых солей было обнаружено в слое 0-2 см (25-35%), через 15 месяцев на глубине 2-5 см (29-49%). К концу эксперимента на долю связанной формы свинца приходится 91-93% от валового послойного содержания металла.

Таблица 5

Содержания цинка в почве, мг/кг

Слой почвы	1 площадка				2 площадка				3 площадка			
	Время после внесения, мес				Время после внесения, мес				Время после внесения, мес			
	3	9	12	15	3	9	12	15	3	9	12	15
Дернина	0,25	5,05	3,74	2,73	1,13	7,89	4,17	5,67	1,51	11,30	8,31	4,85
	1,02	11,84	16,93	7,06	1,66	1,66	12,60	5,93	0,10	16,29	17,26	7,63
0-2 см	0,43	2,13	9,92	3,63	0,96	3,33	7,22	8,16	1,89	4,50	9,92	2,46
	0,75	8,49	11,06	6,28	0,37	10,24	9,02	5,76	0,88	10,55	10,38	7,33
2-5 см	0,24	2,04	5,59	0,81	0,73	2,49	9,64	7,86	0,92	1,72	5,60	3,23
	0,38	8,44	7,50	7,64	0,89	10,07	10,40	4,97	1,79	7,28	7,73	6,06
5-10 см	0,13	1,89	10,36	1,66	1,10	2,59	5,21	3,85	0,68	1,35	3,37	2,11
	0,84	7,93	8,53	7,14	0,78	10,67	7,31	5,27	0,48	6,90	6,34	5,78
10-20 см	0,12	1,80	0,44	1,00	0,59	2,60	4,38	6,19	0,87	1,65	3,46	5,51
	0,37	8,78	9,87	5,27	0,43	10,34	8,88	8,14	0,73	7,95	6,93	5,37

Независимо от количества внесенного элемента в модельном эксперименте и при сравнении с фоновыми величинами на долю подвижных форм приходилось от 25 до 51% от валового содержания по каждому из анализируемых слоев почвы. Послойное распределение цинка было практически равномерным.

Заключение

Наибольшая степень связывания почвой обнаружена для свинца. Его закрепление происходит главным образом за счет комплексообразования с органическим и минеральным веществом почвы. При различных концентрациях затравки с течением времени по всем слоям почвы происходит уменьшение доли подвижной формы.

Медь также хорошо фиксировалась почвой и была сосредоточена в дернине и 0-2 см слое почвы. Для цинка было характерно высокое содержание подвижных форм, а также высокая скорость вертикальной миграции.

Abstract. The authors studied absorption of copper, lead and zinc by the alluvial ground at different levels of technogenic contamination in a modelling experiment.

Литература

1. Л. К. Садовников, Д. В. Ладонин, *Специфическая сорбция меди и цинка. Особенности конкурентного взаимодействия*, Почвоведение, № 3 (2000), 37–39.
2. А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас, *Микроэлементы в почвах и растениях*, Москва, Мир, 1989.
3. Л. И. Васильева, В. Б. Кадацкий, *Формы тяжелых металлов в почвах урбанизированных и заповедных территорий*, Геохимия, № 4 (1998), 426–429.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступило 30.03.05