

UDC 546.4:631.42

V. V. Datchenko<sup>1</sup>, N. L. Khimenko<sup>2</sup>, E. N. Budvitskaya<sup>2</sup><sup>1</sup>Kharkov University automobile transportation<sup>2</sup>Kharkov National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev**TECHNOGENIC POLLUTION WITH WASTES IN  
DIFFERENT SOIL TYPES**

*The elimination of industrial waste is the main problem for industrial enterprises using electroplating processes. These wastes pollute the environment and soil protection from chemical pollution is one of the most pressing problems nowadays electroplating waste contains heavy metals which accumulate in living organisms and cause some serious physiological disorders. The purpose of this investigation is to study the peculiar of heavy metal (copper and zinc) migration in different soil types.*

*The following tasks were solved:*

*– to create a model in laboratory conditions and identify some peculiar translocation and copper – zinc migration from copper-zinc slurries in different soil types;*

*– to examine peculiar migration characteristics of copper-zinc in different soil types.*

*It was defined:*

*– all soils considered in the study have different level of copper and zinc contamination;*

*– the soil studied are characterized by low level of copper contamination independently of the soil layer depth.*

*The character of zinc contamination is defined by the soil types as well as the soil depth.*

**Keywords:** soil pollution, industrial waste, heavy metals.

УДК 546.4:631.42

В. В. Даценко<sup>1</sup>, Н. Л. Хименко<sup>2</sup>, О. М. Будвицька<sup>2</sup><sup>1</sup>Харківський університет автотранспорту<sup>2</sup>Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва**ТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПРОМИСЛОВИМИ  
ОТХОДАМИ РІЗНИХ ТИПІВ ҐРУНТУ**

*Експериментально змодельовані та вивчені особливості трансформації та міграції міді та цинку з сульфатних мідно-цинкових шламів у ґрунт. Встановлені особливості міграції міді та цинку в різних типах ґрунту в залежності від механічних та фізико-хімічних властивостей ґрунту.*

**Ключові слова:** ґрунт, забруднення, промислові відходи, важкі

металлы.

УДК 546.4:631.42

В. В. Даценко<sup>1</sup>, Н. Л. Хищенко<sup>2</sup>, Е. Н. Будвицкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский университет автотранспорта

<sup>2</sup>Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева

## ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

*Экспериментально смоделированы и изучены особенности трансформации и миграции меди и цинка из сульфатных медно-цинковых шламов в почву. Установлены особенности миграции меди и цинка в разных типах почв в зависимости от механических и физико-химических свойств почв.*

**Ключевые слова:** почва, загрязнение, промышленные отходы, тяжелые металлы.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Для промышленных предприятий, использующих гальванические процессы, в настоящее время одной из основных проблем является ликвидация гальванических шламов (ГШ). Отсутствие централизованных коллекторов, утилизация гальванических отходов пока не решается на должном научно-техническом уровне. На многих предприятиях объемы накопившихся шламов давно достигли своего критического уровня и представляют большую угрозу [Касимов, 2011]. В результате возникают источники вторичного загрязнения окружающей среды. Миграция ТМ из ГШ, размещенных на поверхности почвы, происходит главным образом с просачивающимися осадками, т.е. в виде водного раствора, при этом часто основная опасность заключается в возможном загрязнении грунтовых вод. Таким образом, значительное количество твердых металлов (ТМ), содержащихся в ГШ, попадает в почвы и представляет экологическую угрозу.

**Анализ исследований и публикаций.** Охрана почв от химического загрязнения является одной из наиболее актуальных проблем современности. Поэтому эта проблема привлекла внимание исследователей в последние десятилетия и изучается с различных методологических позиций. Согласно существующим представлениям в научной литературе (Касимов, 2011; Амелянчик, 2003) миграция ТМ из твердых отходов и характер их распределения в естественных и техногенных почвах существенно различается и определяется следующими факторами: динамическим равновесием между компонентами почвы; физико-химическими свойствами природных и техногенных вод, соотношением водной и биогенной миграции ТМ (Ладонин, 2004; Большаков, 2002).

Однако недостаточно исследованными являются вопросы, связанные с трансформацией и миграцией соединений, входящих в состав твердых отходов, в том числе и ГШ. Поэтому, механизмы поведения ТМ в почвах при внесении ГШ позволяет определить их роль в изменении физико-химических свойств почв, а также послужит научной основой для разработки мер по детоксикации почв, подвергшихся загрязнению ГШ.

**Постановка цели и задач исследования.** Цель исследований – изучение особенностей миграции тяжёлых металлов в дерново-оподзоленной, луговой и черноземной почвах при загрязнении их ГШ. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи: в лабораторных условиях экспериментально смоделированы и выявлены особенности миграции меди и цинка из сульфатных медно-цинковых шламов в почву; исследованы некоторые особенности вертикального распределения подвижных форм меди и цинка в разных типах почв.

**Методы исследования.** В рамках лабораторных экспериментов для изучения миграции в почве были выбраны металлы с наибольшими концентрациями в промышленных ГШ – Cu и Zn. Миграции выбранных металлов исследовалась на моделях почв – дерново-оподзоленной связно-песчаной (ДОСП), луговой аллювиальной супесчаной (ЛАС), лугово-черноземной легкосуглинистой (ЛЧС), чернозема типичного среднесмытого тяжелосуглинистого (ЧСТ).

В условиях лабораторного эксперимента в качестве загрязнителей использовали модельный шлам, в котором по данным атомно-адсорбционного анализа содержится  $C(\text{Cu}^{2+}) = 46,65$  г/л;  $C(\text{Zn}^{2+}) = 54,85$  г/л. Рентгенофазовый анализ образца модельного шлама показал, что его основными фазами являются гипс, гуннингит, бассанит, ктеназит, антлерит, госларит и намувит.

Пробы почв на анализ отбирали до и после закладки модельного ГШ. Исходные физико-химические параметры, в том числе и содержание тяжёлых металлов в исследуемых почвах, приняты за фоновые. Отбор почв, транспортировка и хранение осуществлялись в соответствии с ДСТУ 4287. 2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб». В дальнейшем почвы высушивали и исследовали в лабораториях Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского» НААН.

Для создания в лабораторных условиях модели почвенных слоев использовали пластиковые трубы диаметром 35 см и высотой 100 см. Образцы почв засыпали в трубы, имитируя горизонты почв в естественных условиях. На верхней поверхности каждой почвенной колонки помещали измельченный модельный сульфатный медно-цинковый шлам, который в течение 6 месяцев промывался дистиллированной водой. Для установления особенностей миграции Cu и Zn отбирали образцы почв в разных слоях.

Для изучения особенностей миграции меди и цинка и их распределения в почвенных слоях были рассмотрены коэффициенты накопления ( $K_c$ ) элементов, показывающие во сколько раз увеличено содержание данного элемента в

загрязненной почве по сравнению с незагрязненной. Коэффициент  $K_c$  рассчитывался по формуле (Никитина, 2011):

$$K_c = C/C_{\text{фон}}, \quad (1),$$

где  $C$  и  $C_{\text{фон}}$  – содержание элемента в почве и в контрольном образце (фон) почвы.

**Экспериментальные результаты и их обсуждение.** Исходные результаты исследования почв, опубликованные в работе [Большаков, 202], были взяты за фон. Анализ результатов, изложенных в этой работе позволяет отметить, что физические, и химические свойства представленных почв существенно отличаются от характерных для определенных типов почв. Почвы ЛЧС и ЧСТ по своим характеристикам относятся к высокобуферным гумусированным почвам, поэтому обладают более высокими адсорбционными свойствами. Поглощительная способность почв зависит от содержания гумуса и pH. По увеличению поглощительной способности исследуемые почвы можно расположить в ряд: ДОСП < ЛАС < ЛЧС < ЧСТ. Химический состав почв неоднороден и существенно изменяется в зависимости от территории. Почвы легкого гранулометрического состава мало насыщены катионами. Распределение подвижных форм ТМ (Cu и Zn) в почвах определяется типом почв. Ионы  $Zn^{2+}$  имеют более высокое относительное сродство к исследуемым почвам, чем ионы  $Cu^{2+}$ . По увеличению содержания  $Cu^{2+}$  и  $Zn^{2+}$  (мг/кг, указана в скобках возле почвы) почвы можно расположить в ряды: для  $Cu^{2+}$  – ЛАС (1,71) < ДОСП (2,24) < ЛЧС (2,68) < ЧСТ (21,30); для  $Zn^{2+}$  – ЛАС (1,82) < ЛЧС (4,01) < ДОСП (6,40) < ЧСТ (71,77) [Большаков, 202].

**Влияние модельного сульфатного медно-цинкового шлама на исследуемые почвы.** Специфика техногенной трансформации тяжёлых металлов в системе «ГШ – почва» объясняется химическим составом ГШ и свойствами элементов, которые определяют характер взаимодействия и прочность связи элементов с минеральными и органическими компонентами почв. Полученные экспериментальные данные (табл. 1) показывают, что при внесении медно-цинкового шлама наблюдается значительное увеличение содержания меди и цинка во всех слоях исследуемых почв.

Следует отметить, что накопление цинка происходит более интенсивно, чем меди:  $K_c(Zn)$  в 8–31 раз больше  $K_c(Cu)$ . Значения концентраций исследуемых катионов металлов для некоторых типов почв различаются весьма значительно, что свидетельствует о важной роли индивидуальных свойств элементов во взаимодействии с почвами. Более мобильным металлом является цинк, концентрация которого в верхнем слое (0–5 см) всех исследуемых почв в среднем в 33,4–434,1 раза больше, чем в нижнем (100 см), тогда как для меди это увеличение составляет 3,6–16,7 раза. Очевидно, что из двух конкурирующих двухзарядных катионов, ионы  $Zn^{2+}$  имеют более высокое относительное сродство к исследуемым почвам, чем ионы  $Cu^{2+}$ . Это связано с тем, что Zn имеет достаточно большое сродство к реакционным центрам минеральных почвенных

компонентов и его количество в почве представлено специфически сорбированными формами.

**1. Коэффициенты накопления ( $K_c$ ) меди и цинка и показатели превышения их ПДК (почва) в исследуемых почвах после загрязнения.**

Показатель		Глубина слоя почвы, см				
		0-5	10-15	20-25	50-75	100
<b>ДОСП</b>						
$K_c(\text{Cu})$		9,6	1,9	2,3	2,2	2,6
$K_c(\text{Zn})$		77,8	43,5	38,8	14,1	2,3
превышение вредности	Cu	7,18 ПДК	1,36 ПДК	1,68 ПДК	1,68 ПДК	1,97 ПДК
	Zn	21,65 ПДК	12,1 ПДК	10,8 ПДК	3,93 ПДК	0,65 ПДК
<b>ЛАС</b>						
$K_c(\text{Cu})$		13,5	1,9	0,9	1,0	1,0
$K_c(\text{Zn})$		423,3	259,1	99,8	9,3	1,9
превышение вредности	Cu	7,7 ПДК	1,1 ПДК	0,5 ПДК	0,6 ПДК	0,6 ПДК
	Zn	33,5 ПДК	23,35 ПДК	7,9 ПДК	0,74 ПДК	0,15 ПДК
<b>ЛЧС</b>						
$K_c(\text{Cu})$		33,9	2,1	1,9	1,2	2,0
$K_c(\text{Zn})$		657,1	187,3	14,5	1,7	1,5
превышение вредности	Cu	3,29 ПДК	1,84 ПДК	1,69 ПДК	1,09 ПДК	1,81 ПДК
	Zn	114,6 ПДК	32,65 ПДК	2,53 ПДК	0,3 ПДК	0,26 ПДК
<b>ЧСТ</b>						
$K_c(\text{Cu})$		33,9	2,1	1,9	1,2	2,0
$K_c(\text{Zn})$		657,1	187,3	14,5	1,7	1,5
превышение вредности	Cu	3,29 ПДК	1,84 ПДК	1,69 ПДК	1,09 ПДК	1,81 ПДК
	Zn	114,6 ПДК	32,65 ПДК	2,53 ПДК	0,3 ПДК	0,26 ПДК

Для экологической и санитарно-гигиенической оценки загрязнения исследуемых почв Cu и Zn было проведено сравнение полученных концентраций с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК (Cu) = 3 мг/кг; ПДК (Zn) = 23 мг/кг) (табл. 1). Установлено, что все исследуемые почвы имеют разную степень загрязнения медью и цинком. Максимальное содержание металлов отмечено в верхнем слое чернозема типичного ЧСТ: меди на уровне 36,57 ПДК; цинка – 229,3 ПДК. По Cu все слои исследуемых почв имеют 2-й уровень загрязнения (ПДК до 200). По цинку характер загрязнения определяется типом почвы и в тяжелых гумусированных почвах степень загрязнения с увеличением глубины меняется от очень высокого в верхнем слое, испытывающего техногенную нагрузку, до допустимого уровня в нижних.

**Выводы.** В лабораторных условиях при исследовании особенностей транслокации и миграции меди и цинка в рассмотренных типах почв при загрязнении ГШ экспериментально установлено:

- техногенная миграция Cu и Zn в системе «ГШ–почва» характеризуется спецификой и объясняется в первую очередь химическим составом ГШ;
- значительное увеличение содержания меди и цинка наблюдается по глубине во всех слоях исследуемых почв в условиях эксперимента. Максимальные накопления в верхнем слое (0–5 см) ( $K_c(\text{Cu})=5,2–33,9$  и

$K_c(\text{Zn})=73,5-657,1$ ) значительно превышают аналогичные показатели в нижних (50–100 см) ( $K_c(\text{Cu}) = 1,0-2,6$  и  $K_c(\text{Zn}) = 0,6-2,3$ ), что связано в первую очередь с техногенным поступлением из шлама. По интенсивности миграции меди и цинка из шлама и трансформации в верхний слой исследуемые почвы можно расположить в ряд: ЧСТ < ДОСП < ЛАС < ЛЧС;

– исследуемые почвы после загрязнения медно-цинковым шламом независимо от глубины слоя характеризуются низким уровнем загрязнения по Cu. По цинку характер загрязнения определяется типом почвы и в тяжелых гумус-сированных почвах степень загрязнения с увеличением глубины меняется от очень высокого в верхнем слое до допустимого уровня в нижних.

Как видно из представленных результатов, закономерности поглощения тяжелых металлов почвами представляют сложный почвенный процесс, на который влияет множество факторов. И, чтобы понять механизм воздействия каждого из них, необходимо более детальное проведение исследований.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Касимов А. М.** Проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине / А. М. Касимов и др. // Экология и промышленность. – 2011. – № 1. – С. 65–69.  
Kasimov A. M. and ets., 2011, “Problems of formation and accumulation of industrial waste in Ukraine”, *Ekologija i promishlennost*, № 1, P. 65–69.
- Амельянчик О. А.** Кислотные компоненты водных и солевых вытяжек из подзолистых почв / О. А. Амельянчик, Л. А. Воробьева // Почвоведение. – 2003, – № 3. – С. 289–300.  
Ameljanchic O. A., Vorobjova L. A., 2003, “Acidic components of water and salt extracts from podzolic soils”, *Pochvovedenije*, № 3, P. 289–300.
- Ладонин Д. В.** Изучение механизмов поглощения Cu (II), Zn (II) и Pb (II) дерново-подзолистой почвой / Д. В. Ладонин, О. В. Пляскина // Почвоведение. – 2004. – № 5. – С. 537–545.  
Ladonin D. V., Plijaskina O. V., 2004, “Studying the mechanisms of absorption of Cu (II), Zn (II) and Pb (II) sod-podzolic soil”, *Pochvovedenije*, № 5, P. 537–545.
- Большаков В. А.** Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах / В. А. Большаков // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 844–849.  
Bolshakov V. A., 2002, “Microelements and heavy metals in soils”, *Pochvovedenije*, № 7, P. 844–849.
- Никитина М. В.** Трансформация подвижных форм металлов в почвах городских ландшафтов / М. В. Никитина, Л. Ф. Попова // Вест. Моск. гос. обл. ун-та. Сер. «Естественные науки». – 2011. – № 3. – С. 122–126.  
Nikitina M. V., Popova L. F., 2011, “The transformation of mobile forms of metals in the soils of urban landscapes”, *Verst. Mosk. gos. jun-ta. Ser. “Estestvennije nauki”*, № 3, P. 122–126.
- Даценко В. В.** Урбоэкодиагностика верхних горизонтов почв г. Харькова / В. В. Даценко, Ю. В. Свашенко // Міське середовище – ХХІ сторіччя. Архітектура. Будівництво. Дизайн: Тези доп. I Міжн. наук.-практ. Конгр. (10-14 лютого 2014 р., м. Київ). – К.: НАУ, 2014. – С. 51–52.  
Datsenko V. V., Svashenko U. V., 2014, “Urboekodiagnosis of upper soil horizons of Kharkiv”, *Miske seredovische – XX storichchija. Arhitectura. Budivnitstvo. Dizain: Tezi dop. I Micshn. nauk.-prakt. Kongr. (10-14 lutogo 2014 r. m. Kijev)*, K., NAU, P. 51–52.