

УДК 574, 504.55,75, 501.75

А.М. КАСИМОВ, докт. техн. наук, профессор, главный научный сотрудник
Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков
Н.И. МИСЮРА, канд. техн. наук, заместитель начальника кафедры
Национальный университет гражданской защиты Украины (НУГЗУ), г. Харьков
А.А. КОВАЛЕВ, аспирант
Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем (УкрНИИЭП), г. Харьков

МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РАЙОНОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Рассмотрены основные свойства отходов угольных тепловых электростанций и пути миграции соединений тяжелых цветных металлов в почвах районов их размещения.

Ключевые слова: отходы ТЭС, миграция элементов в почвах, терриконы, породные и золошлаковые отвалы, тепловые электростанции, тяжелые цветные металлы, твердое и жидкое топливо.

Основными источниками воздействия предприятий промышленной энергетики на окружающую природную среду (ОПС) являются организованные и неорганизованные пылегазовые выбросы, сбросы сточных вод и поверхностные стоки, а также поступления вредных компонентов из шламонакопителей и золошлаковых отвалов (ЗШО).

К настоящему времени в отвалах тепловых электростанций (ТЭС) Украины на площади ~3170 га накоплено 358,8 млн т золошлаков, а их среднегодовой выход составляет 14 млн т [1–3]. Например, только Зуевская ТЭС складировует в собственном отвале более 800 тыс. т/год золошлаков и выбрасывает в атмосферу около 300 т/сут пыли.

Особенности ЗШО заключаются в том, что они расположены в промышленно развитых районах на поверхности земли, породная масса в них дезинтегрирована – в ней присутствует значительное количество минералов (более 30000 видов, тогда как в обычных месторождениях ~3000). Среди примесей особое место занимают тяжелые цветные и редкие металлы (ТЦМ): Co, Cd, Zn, Ni, Pb. Многообразие минеральных форм компонентов ЗШО определяет сложность защиты почвы от их вредного влияния и необходимость более сложных технологий их переработки, чем для обычных руд. Состав и строение ЗШО определяются рядом факторов, важнейшими из которых являются условия образования (добыча, обогащение, технология сжигания угля и т.д.) и физико-химические процессы климатического воздействия на отвалы [1–3].

ЗШО интенсивно окисляются, выщелачиваются и разрушаются, что приводит к изменению минералогического и вещественного состава техногенных отложений,

выносу элементов и образованию ореолов рассеяния вокруг отвалов.

В приповерхностной зоне техногенных отложений под воздействием кислорода, осадков, фильтрационных полей и других факторов происходит интенсивное растворение и миграция ионов ТЦМ. При этом могут образовываться и обедненные и обогащенные металлами участки с восстановленными или окисленными формами их нахождения. Одной из важных проблем исследования ЗШО ТЭС является изучение их состава и путей миграции в почве микропримесей, представляющих собой, в основном, растворимые соединения ТЦМ.

Характерной особенностью почв и грунтов является их способность поглощать вещества из поступающих в них растворов. Различают следующие поглотительные способности почвы (ПСП), обусловленные:

- механическая ПСП – пористостью грунта, выражается в его способности задерживать частицы, содержащиеся в подземных водах;
- физическая – адсорбцией на поверхности грунтовых частиц молекул, поглощенных из раствора;
- физико-химическая – свойством обменивать катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} на катионы растворенных веществ;
- химическая ПСП, выражающаяся в поглощении растворимых веществ из раствора с образованием в грунтах нерастворимых или малорастворимых солей.

К кислым относят почвы, имеющие $pH = 4,5–5,8$. В кислой среде соединения Cd, Co, Mn, Ni, Cr, Zn, кроме Fe(II), находятся в растворимой форме, при этом в растворе присутствуют ионы Me^{2+} или частицы типа



$[Me(OH)^{(z-1)+}]$, в щелочной области – $[Me(OH)_n^{z-n}]$. В щелочной среде в растворенном виде находятся соединения Cr и Cd. Повышение значений pH способствует фиксации Cd, Co, Fe(II), Fe(III), Mn, Ni. На рис. 1 приведена схема миграции соединений ТЦМ из террикона (отвала) в почву [1–3].

Анализ растворимости сульфидов ряда ТЦМ (табл. 1) показывает, что большинство сульфидов (кроме PbS) под действием атмосферных осадков и в присутствии слабой H_2SO_4 переходят в раствор и поступают в почву и грунтовые воды на значительном расстоянии от отвала.

Таблица 1 – Растворимость сульфидов ТЦМ [3]

Сульфид	Произведение растворимости (ПР)	Lg(ПР)	Растворимость в воде	Растворимость при pH=2
			моль/дм ³	
ZnS	$1,7 \cdot 10^{-26}$	-25,77	$1,30 \cdot 10^{-13}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
PbS	10^{-27}	-27	$3,16 \cdot 10^{-14}$	10^{-4}
CdS	$1,6 \cdot 10^{-28}$	-27,8	$1,26 \cdot 10^{-14}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
HgS	$1,6 \cdot 10^{-52}$	-51,8	$1,26 \cdot 10^{-26}$	$1,6 \cdot 10^{-29}$
FeS	$5 \cdot 10^{-18}$	-17,3	$2,23 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-6}$

На рис. 2–5 приведены данные о концентрациях ТЦМ в почвах в районах размещения золошлаковых отвалов Донецкой области (данные получены авторами в процессе исследований в 2005–2009 гг. [1, 2]).

Подтверждается очень высокая растворимость FeS при $pH \leq 7,5$ и достаточно высокая растворимость сульфидов Zn, Pb и Cd при $pH \leq 3$ [3]. При более высо-

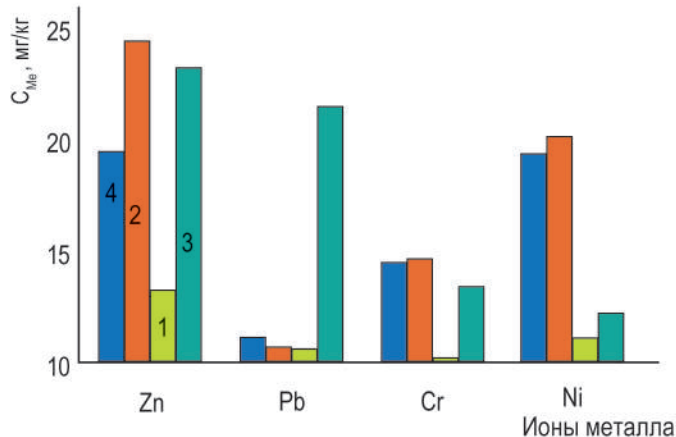


Рисунок 2 – Поступление соединений ТЦМ из тела ЗШО № 1 в почву при pH=6,5:

1 – ПДК металла; 2 – концентрация металла в почве на нижней границе отвала; 3 – то же на расстоянии 30 м от нижней границы отвала; 4 – то же в теле отвала

ких значениях pH указанные сульфиды практически не растворяются.

Анализ содержания ТЦМ в пробах, отобранных специалистами НУГЗУ из объема ЗШО и почв в районах их размещения в Донецкой области, pH водных вытяжек осуществлен с использованием приборного парка сертифицированной аналитической лаборатории УкрНИИЭП. Для определения содержания ТЦМ использован атомно-адсорбционный спектрофотометр «Hitachi Z-8000», для определения pH – иономер «И-135».

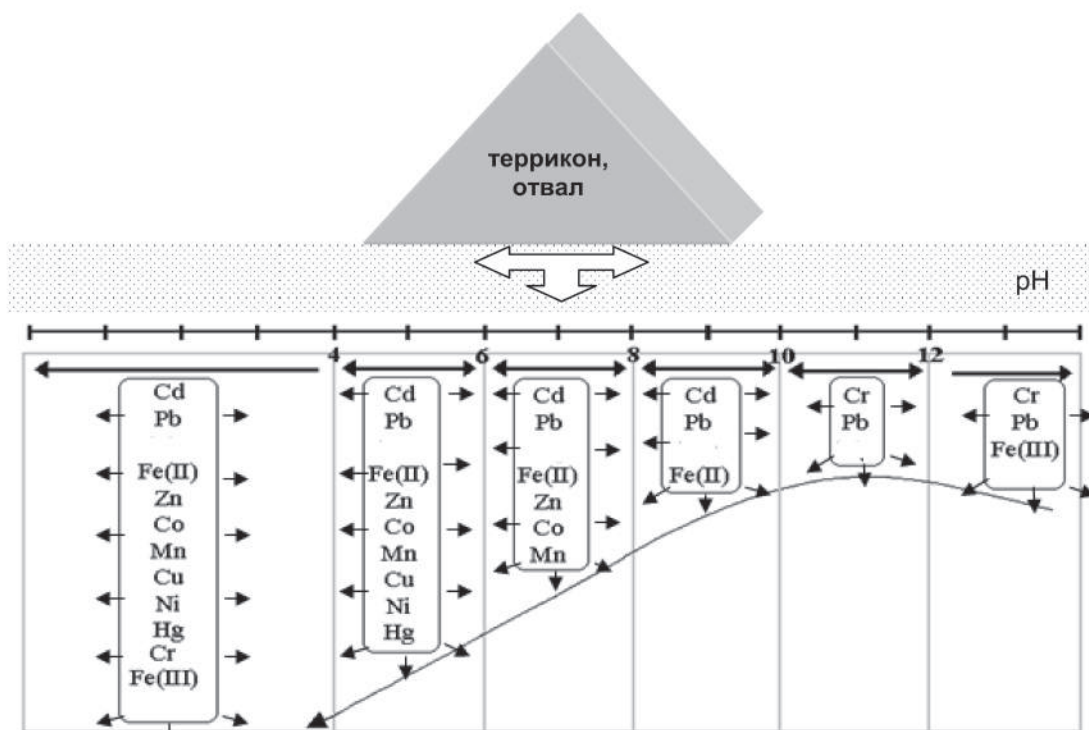


Рисунок 1 – Миграция соединений ТЦМ из террикона (отвала) в почву

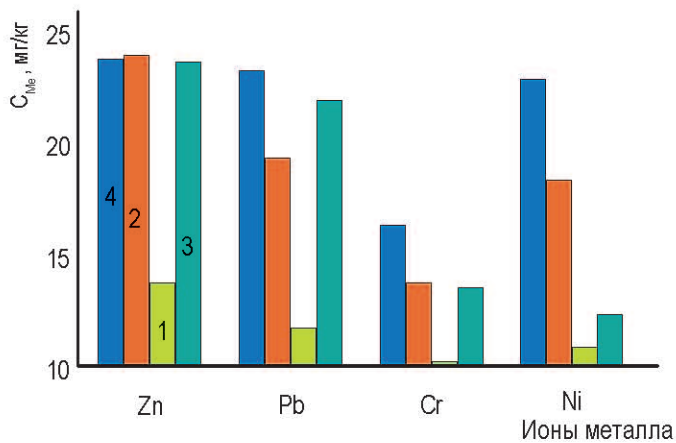


Рисунок 3 – Поступление соединений ТЦМ из тела ЗШО № 2 в почву при pH=6,5:

1 – ПДК металла; 2 – концентрация металла в почве на нижней границе отвала; 3 – то же на расстоянии 30 м от нижней границы отвала; 4 – то же в теле отвала

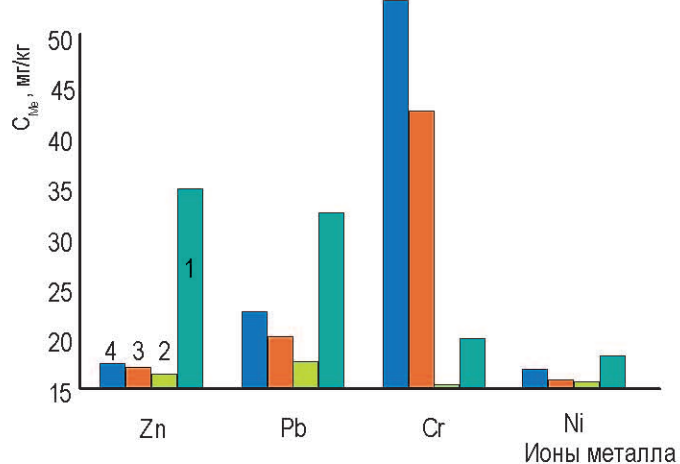
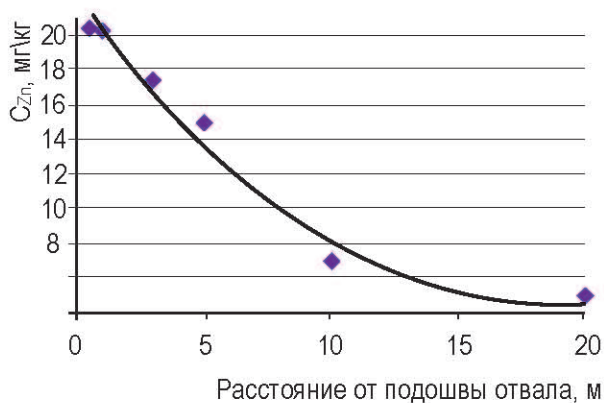
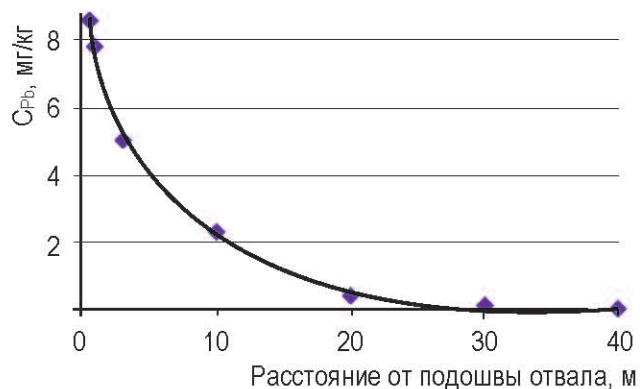


Рисунок 4 – Поступление соединений ТЦМ из тела ЗШО № 3 в почву при pH=6,5:

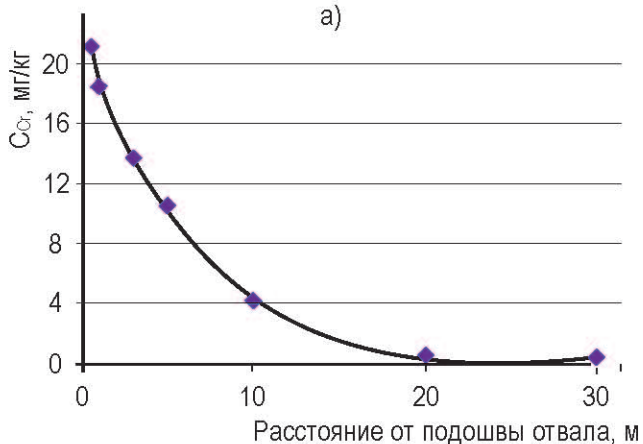
1 – ПДК металла; 2 – концентрация металла в почве на нижней границе отвала; 3 – то же на расстоянии 30 м от нижней границы отвала; 4 – то же в теле отвала



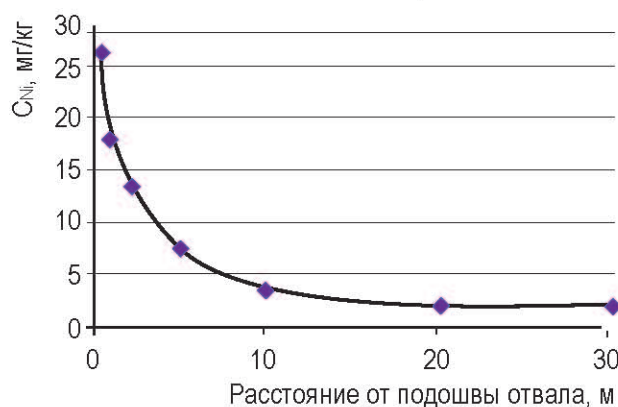
а)



б)



в)



г)

Рисунок 5 – Содержание ТЦМ в почве возле ЗШО в Донецкой области



ВЫВОДЫ

Наличие значительного количества золошлаковых отвалов ТЭС и терриконов вблизи населенных пунктов Донбасса создает критическую экологическую ситуацию, угрожающую состоянию окружающей природной среды и здоровью населения.

Анализ показывает, что большинство сульфидов ТЦМ (кроме PbS) под действием атмосферных осадков и в присутствии слабой H_2SO_4 переходят в раствор и поступают в почву и грунтовые воды на значительном расстоянии от отвалов, оказывая негативное воздействие на ОПС.

Актуальной задачей является разработка новых малоотходных технологий переработки золошлаковых отвалов ТЭС с утилизацией содержащихся в них ценных компонентов, таких как ТЦМ.

Розглянуто основні властивості відходів вугільних теплових електростанцій і шляхи міграції сполук важких кольорових металів у ґрунтах районів їх розміщення.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Касимов, А.М.** Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения : монография. / А.М. Касимов, Л.Л. Товажнянский, В.И. Тошинский, Д.В. Сталинский / Под ред. А.М. Касимова. – Х. : Дом НТУ «ХПИ», 2009. – 512 с.
2. **Касимов, А.М.** Отходы горно-металлургического комплекса – потенциальная сырьевая база развития производства редких и тяжелых металлов. / А.М. Касимов, // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 4/2 (16). – С. 147–150.
3. **Крайнюк, Е.В.** Строительство автомобильных дорог при безопасном использовании фосфогипса и золошлаков ТЭС.: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Е.В. Крайнюк. – Х. : ХАДУ, 2004. – 21 с.

Поступила в редакцию 15.10.2010

Basic properties of thermal power station wastes and ways of migration of heavy nonferrous metal compounds in soil in the region of their placing are considered.