

## ЛУЖНЕ ПРОМОТУВАННЯ ОКИСНЕННЯ АНТРАЦИТУ КИСНЕМ

© В.О. Кучеренко, д.х.н., Ю.В. Тамаркіна, к.х.н., І.Б. Фролова, к.х.н. (ІнФОВ)

Вивчено взаємодію  $O_2$  (200 °C, час  $\leq 5$  ч) з антрацитами А ( $C^{d_{ad}}=94,0\%$  та  $95,6\%$ ), імпрегнованими (1 ммоль/г) гідроксидами лужних металів  $MOH$  ( $M=Li, Na, K, Rb, Cs$ ). Встановлено, що  $MOH$  промотує окиснення: початкова швидкість лінійно зростає (у 2,3-2,5 рази) зі збільшенням діаметра катіона  $d_M$ . Виконано порівняння активності різних лугів при однаковому часі 5 год. Визначено, що в ряду від початкового антрациту до сполук «А-СsОН» збільшується загальна кількість  $O_2$ , що прореагував (у  $2,5 \pm 0,1$  рази) і вихід  $CO_2$  (у  $3,7 \pm 0,2$  рази); вихід  $CO$  не змінюється. Кількість кисню в функціональних групах т(ОФГ) лінійно зростає (в 1,7-3,0 рази) з поляризованістю катіона. Встановлено, що вміст карбоксильних  $[COOH]$  і фенольних  $[OH]$  груп в продуктах окиснення сполук «А-МОН» залежить від типу  $MOH$  та антрациту і зростає у 2,1-9,0 рази та 4,3-12,2 рази, відповідно. Зі збільшенням поляризованості величина  $[OH]$  зростає експоненціально на тлі лінійного росту т(КФГ), що вказує на додаткові (крім окиснення) маршрути утворення  $OH$ -груп, що ініціюються лугами. Запропоновано маршрути реакцій за участю  $MOH$ , що включають новий шлях перенесення електронів з антрациту на  $O_2$  через комплекси « $M^+$ -π-система поліарена», гетероліз С-С зв'язків хіноїдних структур антрациту з утворенням карбоксилатів і гідроксилування аренів, ступінь якого експоненціально збільшується при переході від  $LiOH$  до  $CsOH$ .

Ключові слова: вугілля, лужне імпрегнування, окиснення.

Спеціальність: 161. УДК 662.654.1:66.013.8:504

## ВЛИЯНИЕ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И УГОЛЬНЫХ ТЭС УКРАИНЫ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

© \* А.М. Касимов<sup>1</sup>, А.Л. Борисенко<sup>2</sup>

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)», 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина

<sup>1</sup>Касимов Александр Меджитович, докт. техн. наук, проф., гл. научн. сотр. научно-технического отдела, e-mail: [nto@ukhin.org.ua](mailto:nto@ukhin.org.ua).<sup>2</sup>Борисенко Александр Людвинович, канд. техн. наук, с.н.с., зам. директора по научной работе и управлению системой качества исследований, e-mail: [zd@ukhin.org.ua](mailto:zd@ukhin.org.ua)

Выполнен отбор проб загрязненных почв возле отвалов углешламов ряда обогатительных фабрик и золошлакоотвалов Трипольской ТЭС.

Установлено высокое содержание соединений тяжелых и редких металлов в углешламах ряда обогатительных фабрик и отвалах золошлаковых отходов, образующихся при сжигании твердого топлива на ТЭС, что серьезно загрязняет все сферы окружающей природной среды и не позволяет освободить или рекультивировать шламохранилища за счет их изоляции и окончательного захоронения без соответствующей обработки и обезвреживания. Достаточно жесткие нормы по содержанию вредных веществ в промышленных отходах требуют специальных методов обезвреживания углешламов и золошлаков перед окончательным захоронением.

Определена закономерность уменьшения концентраций соединений  $Cu$ ,  $Pb$ ,  $Cr$ ,  $Ni$  и  $Zn$  в пробах почвы возле углешламов обогатительных фабрик и отвала золошлаковых отходов Трипольской ТЭС.

Показано, что соединения  $Pb$ ,  $Ni$ ,  $Cu$  и  $Cr$  обладают высокой подвижностью в почвах возле углешламовых отвалов обогатительных фабрик и отвалов золошлаковых отходов ТЭС, из-за чего они накапливаются в почве даже вдали от них при нейтральных и слабощелочных значениях рН среды. Показано, что соединения  $Zn$  обладают низкой подвижностью в почве возле углешламовых отвалов обогатительных фабрик и отвалов золошлаковых отходов ТЭС, из-за чего они накапливаются в почве только вблизи них при нейтральных и слабощелочных значениях рН среды.

Ключевые слова: углешламы, золошлаковые отходы, обогащение угля, угольные электростанции, миграция тяжелых и редких металлов, сорбция ионов металлов частицами почвы, отвалы, шламонакопители, рН среды поверхностных стоков, загрязнение окружающей среды.

10.31081/1681-309X-2019-0-5-24-33

\*\*\*\*\*

\* Автор для корреспонденции

Главными видами воздействия предприятий угольной промышленности и промышленной энергетики на окружающую среду (ОС) являются выбросы в атмосферу, сбросы в водный бассейн и на земную поверхность токсичных компонентов из шламонакопителей углеобогащительных фабрик (ОФ) и золошлакоотвалов (ЗШО) твердотопливных ТЭС.

Индикаторы загрязнения ОС – химические соединения, отвечающие составу отходов (ПО) с учетом фона в районе размещения предприятия. Объекты ущерба – атмосфера, водоемы, грунтовые воды в пределах рассеяния индикаторов загрязнения, антропогенные объекты, почвы, ландшафты.

Объем углешламов в местах складирования предприятий угольной промышленности и твердотопливных ТЭС составляет сотни тыс. т/год. Содержание угля в указанных продуктах достигает 10-50 % масс. [1-4]. Гранулометрический состав твердой фазы углешламов – 0,05-1,5 мм, средняя зольность – 17-40 % масс. Проектная вместимость шламохранилищ, терриконов и отвалов составляет десятки млн м<sup>3</sup>.

Объекты складирования углешламов и ЗШО требуют значительных площадей, которые надолго выпадают из зоны пользования и являются очагами накопления токсичных соединений тяжелых и редких металлов (ТРМ), а также повышенной радиоактивности.

Зола – продукт сжигания топлива, который выносятся дымовыми газами из топки котла и улавливается в золоуловителях. Шлак – расплавленный материал, накапливаемый при сгорании топлива в шлакоосборниках ТЭС [5].

#### Результаты исследований

В приповерхностной зоне отвала ЗШО или отвала углешламов под действием кислорода, осадков, фильтрационных полей и др. факторов происходят интенсивное растворение и миграция ионов ТРМ. При этом образуются обедненные и обогащенные металлами участки с восстановленными и окисленными формами.

Выполненное в [1-4, 6-11] эколого-геохимическое изучение почв показало, что в их загрязнении участвуют более 40 вредных химических веществ, среди которых 26 металлов, органические соединения, в т. ч. полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), нитраты, нитриты, аммонийный азот, хлориды и др. Согласно медицинским нормативам на данной территории имеются очаги химического загрязнения почв, где жизнедеятельность населения подвержена опасности.

На территории городов северного Донбасса имеется 209 таких очагов, из которых 192 находятся в промышленно-жилых массивах (их общая площадь 48,8 км<sup>2</sup>). В 5 из них загрязнения металлами достигло чрезвычайно опасной категории, в 47 – опасной, в остальных 157 – умеренно опасной.

Очаги чрезвычайно опасной и опасной категорий характеризуются сложным строением и занимают значительные территории. Они имеют один или несколько эпицентров, соответствующих расположению источников поступления ПО. Сопоставление геохимических спектров техногенных литохимических аномалий и других техногенных объектов показало наличие причинно-следственной геохимической связи в компонентной цепи «минеральное сырье – отходы – ОС».

Таблица 1

Биогеохимические свойства некоторых тяжелых и редких металлов

Свойство	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Биохимическая активность	В	В	В	В	В	В	В
Токсичность	В	У	У	В	У	В	У
Канцерогенность	-	В	-	-	В	-	-
Обогащение аэрозолей	В	Н	В	В	Н	В	В
Минеральная форма распространения	В	В	Н	В	Н	В	Н
Органическая форма распространения	В	В	В	В	В	В	В
Подвижность	В	Н	У	В	Н	В	У
Тенденция к биоаккумуляции	В	В	У	В	В	В	У
Эффективность накопления	В	У	В	В	У	В	В
Комплексообразующая способность	У	Н	В	У	Н	Н	В
Склонность к гидролизу	У	Н	В	У	У	У	В
Растворимость соединений	В	Н	В	В	Н	В	В
Время жизни	В	В	В	Н	В	Н	В

Условные обозначения: В - высокая, У - умеренная, Н - низкая

Анализ распространения загрязняющих веществ показывает, что в почвах региона зафиксированы превышающие ПДК по содержанию Zn (до 435 ПДК), As (до 100 ПДК), Pb (56 ПДК), Cd (до 125 ПДК).

К ТРМ относят более 40 химических элементов с относительной плотностью  $>6$ . Число же опасных загрязнителей, если учитывать токсичность, стойкость и способность накапливаться во внешней среде, а также масштабы распространения этих металлов, значительно меньше.

Вызывают особый интерес металлы, широко используемые в промышленности, и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения биологической активности и токсических свойств. К ним относят – Pb, Hg, Cd, Zn, Bi, Co, Ni, Cu, Sn, V, Mn, Cr, Mo и металлоиды As и Sb (табл. 1). Схема отрицательного влияния продуктов сжигания твердого топлива в энергоустановках на все сферы ОС и здоровье человека приведена на рис. 2.

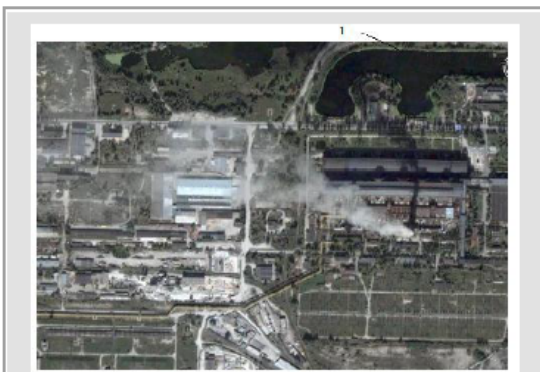


Рис. 1 Общий вид Трипольской ТЭС. 1 – отвал ЗШО

В атмосферном воздухе, водном бассейне и почве ТРМ присутствуют в форме органических и неорганических соединений в виде пыли и аэрозолей, а также в газообразной элементной форме (Hg). При этом аэрозоли Pb, Cr, Cu и Zn состоят из субмикронных частиц диаметром 0,5-1 мкм, а аэрозоли Ni и Co – из частиц размером  $>1$  мкм), образующихся при сжигании мазутов.

Аэрозольные загрязнения, поступающие в атмосферу, удаляются из нее путем естественных процессов самоочищения. Важную роль при этом играют атмосферные осадки. В итоге выбросы промышленных предприятий, сбросы сточных вод создают предпосылки для поступления ТРМ в почву, подземные воды и открытые водоемы, в растения, донные отложения, организмы животных и человека.

Дальность распространения и уровни загрязнения ОС зависят от мощности источника, условий выбросов и метеорологической обстановки. Однако в условиях промышленно-городских агломераций и городской застройки параметры распространения ТРМ в воздухе еще плохо прогнозируются. С удалением от источников загрязнения уменьшение концентраций аэрозолей ТРМ чаще происходит по экспоненте, вследствие чего зона их интенсивного воздействия, в которой имеет место превышение ПДК, сравнительно невелика.



Рис. 2 Схема отрицательного влияния продуктов сжигания топлива в энергоустановках ТЭС на ОС.

Естественное (фоновое) содержание ТРМ в незагрязненной атмосфере составляет тысячные и десятитысячные доли микрограмма на  $1 \text{ м}^3$  и ниже. Такие уровни в современных условиях на обжитых территориях практически не наблюдается. Фоновое содержание свинца принято равным  $0,006 \text{ мкг/м}^3$ , ртути –  $0,001-0,8 \text{ мкг/м}^3$  (в городах – на несколько порядков выше).

В водных средах ТРМ присутствуют в трех формах: взвешенные, коллоидные частицы и растворенные соединения. Последние представлены свободными ионами и растворимыми комплексными соединениями с органическими (гуминовые и фульвокислоты) и неорганическими (галогениды, сульфаты, фосфаты, карбонаты) лигандами.

Большое влияние на содержание этих элементов в воде оказывает гидролиз, во многом определяющий форму нахождения элемента в водных средах. Значительная часть ТРМ переносится поверхностными водами во взвешенном состоянии.

Сорбция ТРМ донными отложениями зависит от особенностей состава последних и содержания органических веществ. В конечном итоге ТРМ в



водных экосистемах концентрируются в донных отложениях и биоте. В почвах ТРМ содержится в водорастворимой, ионообменной и непрочно адсорбированной формах. Водорастворимые формы, как правило, представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическим комплексными соединениями. Кроме того, ионы ТРМ могут быть связаны с минералами как часть кристаллической решетки.

При сжигании минерального топлива важнейшим путем техногенного рассеяния соединений ТРМ является их выброс в атмосферу, а также обогащение и сортировка угля и руд. Техногенное поступление ТРМ в ОС происходит в виде паров и аэрозолей (возгоны металлов и пылевидных частиц) и в составе сточных вод.

Эти металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся: период полураспада Zn – до 500 лет, Cd – до 1100 лет, Cu – до 1500 лет, Pb – до нескольких тысяч лет. Существенный источник загрязнения почвы тяжелыми и редкими металлами – применение удобрений из шламов, полученных из промышленных и коммунальных канализационных очистных сооружений [5, 6].

По мере удаления от источника загрязнения наиболее крупные частицы оседают, доля растворимых соединений ТРМ увеличивается и устанавливается

равновесное соотношение между растворимой и нерастворимой формами.

В незагрязненном воздухе над океаном средняя концентрация Cd составляет 0,005 мкг/м<sup>3</sup>, в сельских местностях – до 0,05 мкг/м<sup>3</sup>, а в районах предприятий, в выбросах которых он содержится (цветная металлургия, угольные ТЭС, производство пластмасс и др.), – 0,3-0,6 мкг/м<sup>3</sup>.

**Атмосферный путь** поступления химических элементов в ОС городов является ведущим. Однако уже на небольшом удалении, в частности, в зонах пригородного сельского хозяйства, относительная роль источников загрязнения ОС тяжелыми и редкими металлами изменяется. Наибольшую опасность представляют сточные воды и отходы, накапливаемые в отвалах.

**Осадки.** Зона максимальных концентраций ТРМ в воздухе распространяется до 2 км от источника. В ней содержание ТРМ в приземном слое атмосферы в 100-1000 раз выше местного геохимического фона, а в снеге – в 500-1000 раз. На удалении 2-4 км располагается вторая зона, где их содержание в воздухе приблизительно в 10 раз ниже, чем в первой. Намечается третья зона протяженностью 4-10 км, где лишь отдельные пробы показывают повышенное содержание ТРМ [6-11].

Таблица 2

Растворимость сульфидов ТРМ

Сульфид	Произведение растворимости (ПР)	lg ПР	Растворимость при pH=2	
			Растворимость в воде	Растворимость при pH=2
моль/дм <sup>3</sup>				
HgS	1,6·10 <sup>-52</sup>	-51,8	1,26·10 <sup>-26</sup>	1,6·10 <sup>-29</sup>
CdS	1,6·10 <sup>-28</sup>	-27,8	1,26·10 <sup>-14</sup>	1,6·10 <sup>-5</sup>
ZnS	1,7·10 <sup>-26</sup>	-25,77	1,30·10 <sup>-13</sup>	1,7·10 <sup>-3</sup>
FeS	5·10 <sup>-18</sup>	-17,3	2,23·10 <sup>-9</sup>	5·10 <sup>0</sup>
PbS	10 <sup>-27</sup>	-27	3,16·10 <sup>-14</sup>	10 <sup>-4</sup>

Таблица 3

Химический анализ пробы отвала ЗШО ТрТЭС, мг/кг

Объект исследования, № точки	pH	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni
ЗШО		7,0	2,9	10,8	44,1	2,4
Почва, примыкающая к шламоотвалу, 1	5,7	5,8	2,4	9,4	39,0	2,1
Почва, примыкающая к шламоотвалу, 2	6,9	4,9	2,2	8,5	26,0	2,2
Почва, примыкающая к шламоотвалу, 3	7,1	4,9	2,6	7,67	18,5	1,8
Почва, примыкающая к шламоотвалу, 4	8,0	4,9	2,6	7,6	18,6	1,0

По мере удаления от источника соотношения разных форм поступающих ТРМ меняются. В первой зоне водорастворимые соединения составляют всего 5-10 %, а основную массу выпадений образуют мелкие пылевидные частицы сульфидов и оксидов.

Относительное содержание водорастворимых соединений ТРМ возрастает с расстоянием.

Площади загрязнения снегового покрова и интенсивности выпадений ТРМ во взвешенной форме убывают в ряду Zn > Cu ~ Pb > Ni, что соответствует общей тех-



нофильности указанных элементов и характерно для интегральных потоков загрязнения от крупного мегаполиса с многопрофильной промышленностью.



Рис. 3 Миграция соединений ТРМ из углеотвала или ЗШО в почву.

Характерной особенностью почв является их способность поглощать вещества из поступающего в них раствора. Различают механическую, физическую, физико-химическую и химическую поглощательную способность почв (ПСП). ПСП<sub>мех</sub> связана с пористостью почвы и выражается в ее способности задерживать частицы, содержащиеся в подземных водах.

ПСП<sub>физ</sub> обусловлена адсорбцией на поверхности частиц почвы молекул, поглощенных из раствора. ПСП<sub>ф-х</sub> связана со свойством обменивать катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  на катионы растворенных веществ. ПСП<sub>хим</sub> выражается в поглощении ионов из растворов с образованием нерастворимых или малорастворимых солей ТРМ.

В кислой среде ( $\text{pH}=4,5-5,8$ ) соединения Cd, Co, Mn, Ni, Cr, Zn, кроме Fe(II), находятся в растворимой форме, при этом в растворе присутствуют частицы типа  $[\text{Me}(\text{OH})^{(2-1)+}]$ , а в щелочной области –  $[\text{Me}(\text{OH})_n^{2-n}]$ . В щелочной среде в растворе находятся соединения Cr и Cd.

Таблица 4

Усредненный химсостав стоков из отвалов ЗШО ТрГЭС

Элемент	Содержание, мг/л*	ПДК элементов в воде водоёмов различного назначения		Кратность превышения ПДК*
		Хозяйственно-быто-вого назначения, мг/л	Рыбохозяйственного пользования, мг/л	
V	0,0046-0,23	-	0,001	4,6230
Fe	0,14-0,39	0,3	0,1	1,4-3,9
Si	6,1-16,4	10,0	-	-
Mn	0,024-0,087	-	0,01	2,4-8,7
Mo	0,0009-0,067	0,25	0,0004 по Mo <sup>+6</sup>	2,3-170
As	0,2-0,9	-	0,05	4-18
Ni	0,0049-0,031	0,1	0,01 по иону	0-3,1
F	0,2-10	0,7	0,05	4-200
Cr	0,0026-0,051	0,5	0,005	0-10,2

\*Использованы значения рыбохозяйственных ПДК

Большинство сульфидов ТРМ (кроме PbS) под действием атмосферных осадков и в присутствии слабой  $\text{H}_2\text{SO}_4$  переходят в раствор (табл. 2) и поступают в почву и грунтовые воды даже на значительном расстоянии от отвала. На рис. 3. приведена схема миграции ТРМ из отвала в почву [1-4].

Одной из важных проблем исследования воздействия углешламов и отвалов ЗШО на ОС является изучение путей миграции в почве токсикантов, представляющих собой, в основном, растворимые соединения ТРМ. Для изучения миграции ТРМ из углешламов и отвалов ЗШО в почву проведены анализы их образцов и почвы вблизи углешламоотвалов одной из ОФ в Лу-

ганской обл. и отвалов ЗШО Трипольской ТЭС (табл. 3-6).

На рис. 4-8 приведены микрофотографии частиц золы ряда украинских углей, сжигаемых на ТЭС. Исследования выполнены с использованием электронного микроскопа ЭМВ-100 Б.

Фоновые значения концентраций ТРМ в углешламах ОФ и ЗШО ТЭС определяли путем отбора проб из отвалов каждого вида отходов. Содержание ТРМ в почвах сравнивали с фоновыми путем сопоставления данных каждой пробы из углеотвала ОФ и ЗШО, согласно табл. 2-6.

Таблица 5

Среднее содержание элементов в почве в районе углеотвалов обогатительных фабрик в Луганской обл.

Элементы	Содержание в почве и грунтах, мг/кг		
	Кларк по А.П. Виноградову	Средняя распространенность по Р. Бруксу	Отвалы углеобогащения в Луганской обл.
Hg	0,01	0,01	0,09
Pb	10	10	13,7
Cu	20	20	28,0
W	-	В земной коре - 1,2	3
Ni	40	40	46
Co	10	10	11
Bi	-	В земной коре - 0,34	2,0
Nb	-	15	20,3
Li	30	30	45
Cd	0,5	0,5	0,6
Zn	50	50	69
Sc	10	-	13
B	10	10	42

Таблица 6

Содержание элементов в углеотвалах (средние данные по 4 отвалам)

Элемент	Содержание, мг/кг	Кларк в осадочных породах
Hg	0,28-1,32	0,04
Pb	38,8-497,5	20
As	12,8-57,2	6,6
Mn	371-987	650
Cr	112,1-159,2	100
Cd	1,55-2,3	0,3
Zn	100-121,7	80
C	3,2-7,6 % масс.)	-



Рис. 4. а) - частицы угля в золе уноса (1,5 мкм) и б) – магнитная фракция в золе каменного угля (3,0-0 мкм)



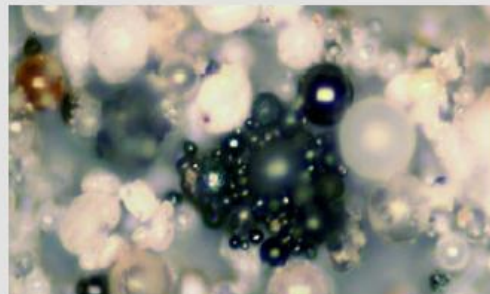
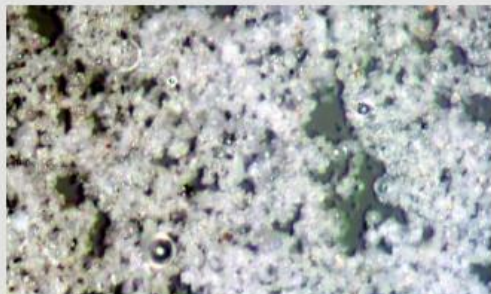


Рис. 5 Микросферы ЗПО в золе уноса (0,05-0,1 мкм)

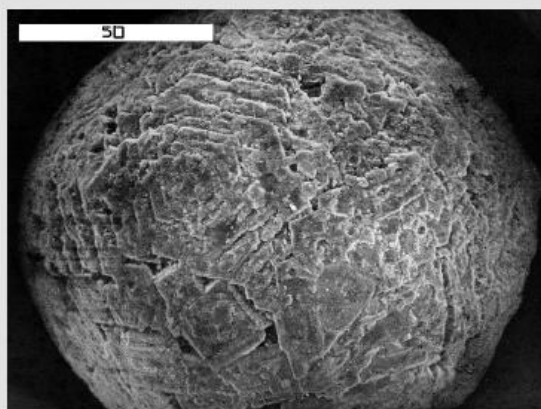
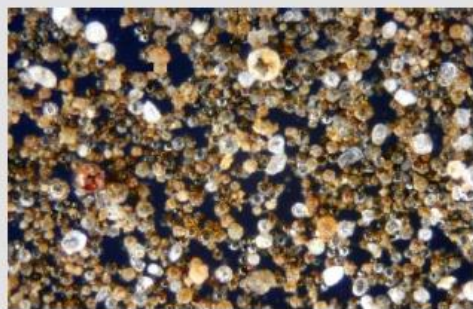
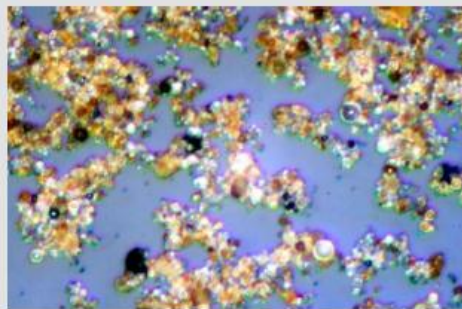


Рис. 6 Частица магнетита (0,1-0,15 мкм) в золе уноса

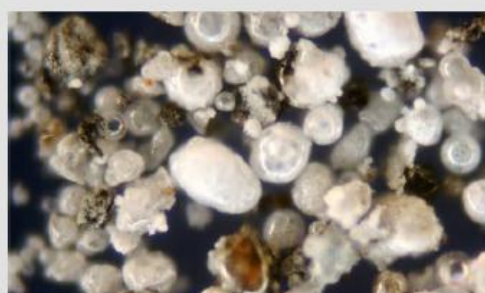


а)

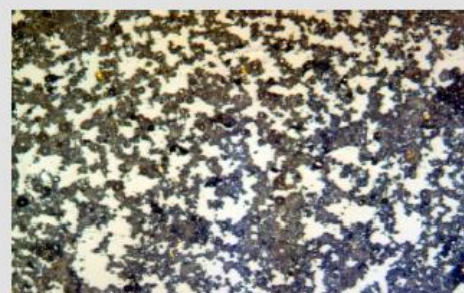


б)

Рис. 7 а) – крупная фракция золы бурого угля (50 мкм) и б) – тонкие фракции золы бурого угля (25 мкм) и (40 мкм)



а)



б)

Рис. 8 Крупная (а) и тонкая (б) фракции золы каменного угля (100–200 мкм) и (30–50 мкм)

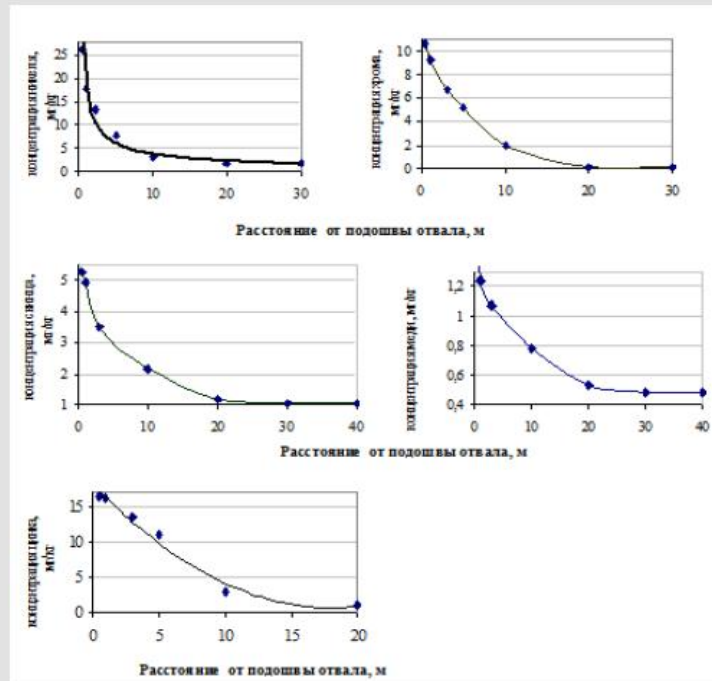


Рис. 9 Содержание ГРМ в образцах почвы на расстоянии от угольного шламоотвала обогатительных фабрик Луганской обл.

Следует отметить некоторые важные характерные зависимости. Пробы отбирали в 4 точках почвы возле каждого отвала. Отбор проб загрязненной почвы вели на равных расстояниях (через 10 м) от каждого отвала до установления постоянного значения концентрации соединений металлов в ней (рис. 9).

Постоянная концентрация Pb, Ni, Cu и Cr в почве возле отвала ЗШО ТрТЭС установлена на расстоянии 30–40 м от подошвы отвала. Для полной достоверности фоновые образцы почвы отобраны на расстоянии 50 м. Аналогичная ситуация наблюдается для проб почвы возле углеотвалов ОФ Луганской обл.



В пробах почвы возле отвала ЗШО ТрТЭС постоянные концентрации Zn установлены уже на расстоянии 20 м от отвала. Для нее контрольные образцы отбирали на расстоянии 30 м [11-13].

#### Выводы

1. Выполнен отбор проб загрязненных почв возле отвалов углешламов ряда обогатительных фабрик и золошлакоотвалов Трипольской ТЭС.

2. Установлено высокое содержание соединений тяжелых и редких металлов в углешламах ряда обогатительных фабрик и отвалах золошлаковых отходов, образующихся при сжигании твердого топлива на ТЭС, что серьезно загрязняет все сферы окружающей среды и не позволяет освободить и рекультивировать шламохранилища за счет их изоляции и окончательного захоронения без соответствующей обработки и обезвреживания.

3. Достаточно жесткие нормы по содержанию вредных веществ в промышленных отходах требуют специальных методов обезвреживания углешламов и золошлаков перед окончательным захоронением.

4. Определена закономерность уменьшения концентраций соединений Cu, Pb, Cr, Ni и Zn в пробах почвы возле углешламов обогатительных фабрик и отвала золошлаковых отходов Трипольской ТЭС.

5. Показано, что соединения Pb, Ni, Cu и Cr обладают высокой подвижностью в почвах возле углешламовых отвалов обогатительных фабрик и золошлаковых отходов ТЭС, из-за чего они накапливаются в почве даже вдали от них при нейтральных и слабощелочных значениях pH среды.

6. Показано, что соединения Zn обладают низкой подвижностью в почве возле углешламовых отвалов обогатительных фабрик и отвалов золошлаковых отходов ТЭС, из-за чего они накапливаются в почве только вблизи них при нейтральных и слабощелочных значениях pH среды.

#### Бібліографічний список

1. Касимов А.М. Управление опасными отходами. Монография / А.М. Касимов, Л.Л. Товажнянский, В.И. Тошинский и др. [Под ред. А.М. Касимова] – Х.: ИД НТУ «ХПИ». – 510 с.

2. Семиноженко В.П. Промышленные отходы: проблемы и решения. Монография / В.П. Семиноженко, Д.В. Сталинский, А.М. Касимов – Х.: Индустрия, 2011. – 544 с.

3. Касимов А.М., Семенов В.Т., Романовский А.А. Промышленные отходы. Проблемы и решения. Технологии и оборудование / А.М. Касимов, В.Т. Семенов,

А.А. Романовский. [Под ред. А.М. Касимова] – Х.: ХНАГХ. 2007. – 411 с.

4. Касимов А.М. Опасные отходы промышленных предприятий Украины. Монография / А.М. Касимов. Palmartium Publishing is a trademark of: OmniScriptum GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, 2015, Germany. – 176 s.

5. Касимов А.М. Мероприятия по снижению степени отрицательного воздействия на ОПС шламонакопителей промышленных предприятий / А.М. Касимов, А.А. Романовский // Вісн. міжнар. слов'янського університету. – Х.: Сер. «Технічні науки». – Т. 7. – 2004. – №1. – С. 37-40.

6. Пантелеев В.Г. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справ. пособие. / В.Г. Пантелеев, Э.А. Ларина, В.А. Мелентьев. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отд., 1985. – 288 с.

7. Касимов А.М. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами: Уч. пособие // А.М. Касимов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань и др. [Под ред. А.М. Касимова] – Х.: ХНАГХ, 2008. – 508 с.

8. Горовой А.Ф. Твердые промышленные отходы Донбасса – нетрадиционный источник минерального сырья / А.Ф. Горовой, Н.А. Горовая. / Тез. докл. II Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Х.: ИД ИНЖЭК, 2005, –С. 142–146.

9. Касимов А.М. Теоретические основы эколого-экономического мониторинга (учебно-методическое пособие) / А.М. Касимов, М.М. Козуля. – Х.: ИД НТУ «ХПИ», 2017. – 171 с.

10. Касимов А.М. Перспективная технология утилизации шламов углеобогащения / А.М. Касимов, В.А., Качанова, А.К. Цехманова // Углекимический журнал. 2016. – № 5-6. – С. 7-12

11. Касимов А.М. Миграция тяжелых и редких металлов в почвах вокруг золошлаковых отвалов ряда угольных ТЭС Украины / А.М. Касимов // Mater. 1X Mezinárodní vědecko-praktická konference “Vědecký Průmysl Evropského kontinentu-2013. 27.11.2013-05.12/2013. Díl 33 Technické vědy. Praha. Publishing House “Education and Science”. s.r.o. 75-81.

12. Касимов А.М. Изучение химического состава углей ряда шахт и обогатительных фабрик Украины и перспективы утилизации угольных отвалов / А.М. Касимов // Углекимический журнал. – 2018. – № 5. – С. 16–23.

13. Удалов И.В. Отходы и выбросы электростанций Украины, работающих на твердом топливе / И.В. Удалов, А.М. Касимов // Углекимический журнал. – 2018. – № 6. – С. 12–19.

Рукопись поступила в редакцию 21.08.2019

**THE INFLUENCE OF ROCK DUMPS OF COAL MINING ENTERPRISES AND COAL POWER PLANTS OF UKRAINE ON THE ENVIRONMENT**

© A.M. Kasimov, Doctor of Technical Sciences, D.A. Borisenko, PhD in technical sciences (SE "UKHIN")

*Storage facilities for coal sludge and ash disposal facilities require significant areas that fall out of the use zone for a long time and are the centers of accumulation of toxic compounds of heavy and rare metals. Intensive dissolution and migration of heavy and rare metal ions occur in the near-surface zone of the ash dump or coal slime dump under the influence of oxygen, precipitation, filtration fields, and other factors. In this case, depleted and metal-enriched sites with reduced and oxidized forms are formed. Sampling of contaminated soils near coal slime dumps of a number of enrichment plants and ash and slag dumps of Tripol TPP was performed.*

*A high content has been established of compounds of heavy and rare metals in the coal slurries of a number of processing plants and dumps of ash and slag waste generated during the combustion of solid fuels at thermal power plants. It leads to seriously polluting of all areas of the natural environment and does not allow to empty or reclaim sludge storages due to their isolation and final disposal without appropriate processing and disposal. Rather stringent standards for the content of harmful substances in industrial waste require special methods for the disposal of coal sludge and ash and slag before final disposal.*

*The regularity was determined of decreasing the concentrations of Cu, Pb, Cr, Ni, and Zn compounds in soil samples near the coal dumps of processing plants and the ash and slag waste dump of the Tripol TPP.*

*It was shown that Pb, Ni, Cu, and Cr compounds have high mobility in soils near coal slurry dumps of enrichment plants and dumps of ash and slag waste from thermal power plants, which is why they accumulate in the soil even far from them at neutral and slightly alkaline pH values. It was shown that Zn compounds have low mobility in the soil near coal slurry dumps of processing plants and dump slag ash of TPPs, which is why they accumulate in the soil only near them at neutral and slightly alkaline pH values.*

**Keywords:** coal slurries, ash-slag wastes, coal enrichment, coal-fired power plants, migration of heavy and rare metals, sorption of metal ions by soil particles, waste heaps, slurry ponds, environmental pollution

**ВПЛИВ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ І ВУГІЛЬНИХ ТЕС УКРАЇНИ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

© А.М. Касимов, д.т.н., О.Л. Борисенко, к.т.н. (ДП «УХИН»)

*Виконано відбір проб забруднених ґрунтів біля відвалів вуглешламів ряду збагачувальних фабрик і золошлакових відвалів Трипільської ТЕС. Встановлено високий вміст з'єднань важких і рідкісних металів у вуглешламах ряду збагачувальних фабрик і відвалах золошлакових відходів, що утворюються при спалюванні твердого палива на ТЕС. Це серйозно забруднює усі сфери природного довкілля і не дозволяє вивільнити або рекультивувати шламосховища за рахунок їх ізоляції і остаточного поховання без відповідної обробки і знешкодження.*

*Визначена закономірність зменшення концентрацій з'єднань Cu, Pb, Cr, Ni і Zn у пробах ґрунту біля вуглевідвалів збагачувальних фабрик і відвала золошлакових відходів Трипільської ТЭС.*

*Показано, що з'єднання Pb, Ni, Cu і Cr мають високу рухливість у ґрунтах біля вуглешламових відвалів збагачувальних фабрик і відвалів золошлакових відходів ТЭС, через що вони накопичуються в ґрунті навіть далеко від їх джерела при нейтральних і слабодужних значеннях рН середовища.*

*Показано, що з'єднання Zn мають низьку рухливість в ґрунті біля вуглешламових відвалів збагачувальних фабрик і відвалів золошлакових відходів ТЕС, через що вони накопичуються в ґрунті лише поблизу них при нейтральних і слабодужних значеннях рН середовища.*

**Ключові слова:** вуглешлами, збагачення вугілля, вугільні електростанції, міграція важких і рідкісних металів, сорбція іонів металів частками ґрунту, відвали, шламонакопичувачі, забруднення природного довкілля