

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЕЙ РЯДА ШАХТ И ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК УКРАИНЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ

© А.М. Касимов<sup>1</sup>*Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)», 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина*<sup>1</sup> Касимов Александр Межджитович, докт. техн. наук, проф., гл. научн. сотр. научно-технического отдела, e-mail: nto@ukhin.org.ua

*В статье представлены данные о присутствии и накоплении токсичных элементов в углях, антрацитах и сопутствующих породах ряда шахт и обогатительных фабрик Восточной Украины и их воздействию на окружающую среду.*

*Изучены формы нахождения токсичных и сопутствующих элементов в каменных углях и антрацитах. Для уточнения связи их с органическим и минеральным веществом угля использованы спектральный полуколичественный метод, определен фракционный состав проб угля из пластов каменных углей марки Ж на ртутных месторождениях Никитовского рудного поля, угля разных классов марки ОС, на Узловской ЦОФ, антрацита из угольных пластов Должанского Капитального участка Свердловского углепромышленного района.*

*По значениям коэффициентов сродства выделены 2 группы токсичных и сопутствующих элементов, связанных с органическим веществом в каменных углях и антрацитах Донбасса. Первая связана с органической, вторая – с минеральной частью углей. С органическим веществом в каменном угле тесную связь обнаруживают Ge, Nb, B, Sn, Bi, Yb, Tl, Y, Ga, La, Be, V, Mo.*

*Установлены закономерности распределения соединений ртути и Hg<sub>мет</sub> в углях различных генетических типов угольных бассейнов. Установлено, что преобладающая доля As в угольных пластах на ртутных месторождениях связана с их минеральной частью.*

*Полученные данные позволяют приступить к разработке методик поисков и прогнозирования Hg- и As-содержащих углей и скрытых руд, содержащих эти элементы, в угленосных отложениях по их ореолам. Решение проблем попутного извлечения ртути, мышьяка и др. токсикантов перед процессами коксования и сжигания углей, очистки воздуха от опасных веществ на коксохимических заводах весьма актуально с учетом объемов добываемых и перерабатываемых углей.*

Ключевые слова: угли, обогащение, токсичные элементы, фракционный состав, органические и минеральные формы, окружающая среда, содержание ртути, мышьяка, серы, соединения редкоземельных, рассеянных и редких металлов.

DOI: 10.31081/1681-309X-2018-0-5-16-24

\*\*\*\*\*

**В**ведение

В углепромышленных районах Украины накоплены крупные объемы вскрышных, вмещающих, шахтных пород, отходов обогащения углей (Кривбасс, Донбасс, Прикарпатье, Львовско-Волинский бассейн) [1–6]. В условиях растущего дефицита топливно-энергетических ресурсов и истощения эксплуатируемых угольных месторождений особую роль приобретает поиск дополнительных сырьевых источников твердого ископаемого топлива кондиционного качества, изучение физико-химических свойств углей, сопутствующих пород и отходов, образующихся при добыче, переработке и сжигании углей.

Ниже приведены результаты продолжительных (2007–2014 гг.) исследований ряда углей и сопутствующих пород в регионах востока Украины. С целью изучения форм нахождения токсичных и сопутствующих элементов в каменных углях и антрацитах, представлялось важным установить их связь с органическим и минеральным веществом, для чего использовали фракционный анализ рядовых проб угля, отобранных из различных пластов. [3, 4, 7, 8].

**Результаты исследований**

Фракционный анализ выполнен в пробах каменных углей марки Ж из угольного пласта h<sub>3</sub> на ртутных ме-

сторождениях Никитовского рудного поля, в рядовых пробах угля различных классов крупности марки ОС, отобранных на Узловской ЦОФ, а также в 11 пробах

антрацита из угольных пластов  $k_2$ ,  $k_6$ ,  $l_6$  и др., распространяющихся на Должанском Капитальном участке в пределах Свердловского углепромышленного района.

Содержание токсичных элементов определено спектральным полуколичественным методом с фотографированием спектра исследуемых проб. Связь токсичных элементов с органической и минеральной частями каменных углей и антрацитов определена по коэффициентам сродства (F). Сродство химическое является характеристикой стремления элементов образовывать химические соединения, например химическое сродство элементов к органическим или неорганическим примесям.

Элементы одной и той же подгруппы или элемент разных подгрупп одной группы связаны между собой силами взаимодействия разного характера, что говорит о большей или меньшей степени сродства между ними, связанной в то же время с числом валентных электронов на внешней оболочке [9–12].

По значению коэффициентов сродства токсичных и сопутствующих элементов с органическим веществом в каменных углях и антрацитах Донбасса выделены 2 группы. Первая связана с органической, а вторая – с минеральной частью углей. С органическим веществом в каменном угле марки Ж из угольного пласта  $h_3$  Никитовского рудного месторождения, а также из угольных пластов выработок шахт №1 и №2 наиболее тесную связь обнаруживают Be, Yb, Ge и Tl [3, 4, 7, 8].

На это указывает высокое значение F этих элементов, где он  $>1$ . В пробах угля более высокой стадии метаморфизма, отобранных на Узловской ЦОФ, с органическим веществом связаны в разных его классах и фракциях те же элементы, а также Sc, Nb и Ce. Важно отметить, что связь Be и Sc с органическим веществом зафиксирована во всех фракциях угля классов от  $> 3,0$  до  $+2,5$  мм и до  $< 0,05$  мм.

В антрацитах Свердловского углепромышленного района количество токсичных и сопутствующих элементов, связанных с органическим веществом, увеличивается. С органическим веществом в антрацитах связаны, главным образом, редкие и рассеянные элементы – Yb, Sn, Nb, V, Tl, Ga, La, Y, V, Mo, Be. Соединения этих элементов образуют с веществом сопутствующих пород весьма существенную связь. Это, прежде всего, относится к Ge, Nb, V, Sn, Bi, Yb, а также Tl, Y, Ga, La, Be, V, Mo.

Среднее содержание Mo в углях марки Т на Боржиковском Северном участке составляет 7 г/т, в антрацитах на Должанском Капитальном участке в пластах угля оно уменьшается и составляет 2,2 г/т. Среднее содержание Ga в углях марки Т на Боржиковском Северном участке составляет 9,4 г/т, а в антрацитах угольных пластов на Должанском Капитальном участке, уменьшается до 3 г/т.

С органическим веществом также связаны В и Sn. Содержание В в углях марки Т составляет 37 г/т, а в антрацитах – 11 г/т. Содержание Nb в антрацитах в 3 раза ниже, чем в тощих углях. Содержание Sn в тощих углях выше (2 г/т) чем в антрацитах – (до 1,3 г/т).

Как видно из приведенных данных, некоторые токсичные (V, B, Ga, Sn, Be, Mo) и сопутствующие (Nb, Tl, Yb) элементы в антрацитах связаны с органическим веществом. Соединения отдельных из них (Mo, Ga, V, Sn и др.) концентрируются в легкой фракции. В отличие от каменных углей в антрацитах Ge связан с минеральной частью угля, что подтверждается сравнительно низким коэффициентом его сродства с органическим веществом.

В каменных углях и антрацитах преобладающее большинство элементов связано с минеральной частью. К ним относятся, прежде всего, такие элементы, которые при обработке и сжигании образуют токсичные соединения. Особенно это характерно для соединений ртути (Hg, HgCl, HgS, HgO), мышьяка (As, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), серы (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>), ванадия (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), кобальта (CoO), марганца (MnO<sub>2</sub>), никеля (Ni, NiSO<sub>4</sub>, NiCl<sub>2</sub>), свинца (Pb), фтора (F, SiF<sub>2</sub>, HF, AlF<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub>), хрома (CrO<sub>3</sub>) и фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

В каменных углях и антрацитах Hg распространяется обособленно от ассоциации элементов, связанных с органической частью, что подтверждается очень низким коэффициентом сродства, Ge входит в ассоциацию элементов, связанных с минеральной частью, в отличие от каменных углей марок Ж, ОС и Т, где с ним связано органическое вещество.

Выявление ассоциации элементов, связанных с органической и минеральной частями каменных углей и антрацитов, повышает эффективность прогнозирования крупных аномалий токсичных элементов в углях разных угольных бассейнов для селективной их добычи, попутного производства, охраны ОПС и здоровья людей.

#### Формы нахождения токсичных и сопутствующих элементов [3, 4, 7, 8]

**Сера.** В каменных углях и антрацитах образуются минеральные формы – сера сульфидная (S<sub>c</sub><sup>d</sup>), сера сульфатная (S<sub>so4</sub><sup>d</sup>) и сера органическая (S<sub>орг</sub><sup>d</sup>).

**Сера сульфидная.** Содержание ее в разных классах и фракциях проб антрацитов и каменных углей колеблется от 0,46 до 5,07 % по массе (табл. 1, 2). Значительная доля сульфидной серы находится в тонкодисперсном состоянии, образуя глобулы.

**Сера сульфатная** (S<sub>so4</sub><sup>d</sup>). Содержание сульфатной серы в различных фракциях каменных углей и антрацитов колеблется в пределах от 0,06 до 1,36 % по массе. Доля сульфатной серы составляет 5–17 %. Сульфатная сера представлена, в основном, сульфатом железа и гипсом.

*Сера органическая* ( $S_{орг}^d$ ). Формы нахождения серы органической в каменных углях и антрацитах не установлены. Для более точного определения содержания серы органической необходимо разработать более современную методику такого определения.

В различных типах угольных бассейнов формы нахождения Hg существенно различаются. Самыми распространенными формами ее нахождения являются киноварь,  $Hg_{мет.}$ , Hg в гуминовых кислотах и Hg в пирите.

Таблица 1

Сопоставление содержаний форм нахождения серы в антрацитах  
Должано–Ровенецкого углепромышленного района

Классы крупности угля, мм		Содержание серы, % по массе				
		$S_T^d$	$S_C^d$	$S_{SO_4}^d$	$S_{орг}^d$	$A^d, \%$
Шахта №3, пласт I <sub>6</sub> , проба 36						
-3	+2,5	0,79	0,45	0,06	0,28	57018
-2,5	+1,0	0,95	0,64	0,06	0,25	50,0
-1,0	+0,63	0,89	0,46	0,07	0,36	36,55
-0,63	+0,1	1,04	0,5	0,06	0,48	39,85
-0,1	+0,063	1,04	0,6	0,104	0,34	54,52
-0,63	+0,05	0,93	0,56	0,09	0,28	62,14
	-0,05	0,82	0,49	0,1	0,23	65,66
Шахта №4, проба 35						
-3	+2,5	2,84	2,04	0,11	0,69	37,11
-2,5	+1,0	2,38	1,82	0,11	0,44	35,44
-1,0	+0,63	2,30	1,57	0,08	0,65	22,6
-0,63	+0,1	2,33	1,54	0,12	0,67	22,04
-0,1	+0,063	2,32	1,48	0,2	0,64	33,18
-0,63	+0,05	2,32	1,38	0,26	0,68	39,33
	-0,05	2,38	1,34	0,33	0,71	46,41
Шахта №5, пласт k <sub>5</sub> <sup>1</sup> , проба 34						
-3	+2,5	2,51	1,96	0,04	0,51	59,1
-2,5	+1,0	3,73	2,91	0,06	0,82	37,1
-1,0	+0,63	3,07	2,84	0,05	0,78	28,18
-0,63	+0,1	3,19	2,4	0,07	0,77	28,71
-0,1	+0,063	2,95	2,14	0,17	0,64	38,5
-0,63	+0,05	2,54	1,94	0,22	0,38	44,89
	-0,05	1,43	0,8	0,04	0,59	10,96

#### Формы нахождения ртути и мышьяка в каменных углях

*Киноварь* в углях Донецкого бассейна имеет широкое распространение. Аномалия Hg в каменных углях и антрацитах занимает площадь  $\approx 1000$  км<sup>2</sup>. Наиболее широкие и интенсивные аномалии Hg в углях установлены вокруг ртутных месторождений и полиметаллических проявлений. В угольных пластах на ртутных месторождениях ее содержание в отдельных пробах достигает 0,1 % по массе. Вблизи ртутных тел установлены, кроме того, повышенные содержания As, Sb, Li, Ba, Mg, Fe, Ca, Si и других элементов (табл. 3–5.). Ореолы Hg в антрацитах имеют также широкое распростране-

ние, содержание ее колеблется и достигает 0,01 % по массе.

Изучение содержания ртути в углях связано с возможностью разработки методики поисков и прогнозирования ртутьсодержащих углей и скрытых ртутных руд в угленосных отложениях по ореолам Hg в них. Решение вопросов извлечения Hg перед процессами коксования и сжигания углей, очистки воздуха от вредных соединений Hg, As, P, Sb на коксохимических заводах весьма актуально.

*Металлическая ртуть* концентрируется в тонких включениях органического вещества в виде капель размером до десятых долей мм. Участок с самородной Hg располагается над рудным телом, где Hg представ-

лена киноварью. Вблизи рудного тела в угле содержание Hg колеблется от 0,01 до 0,1 % по массе

Особенности распределения Hg<sub>мет</sub> в угольных пластах необходимо учитывать при оценке ртутенности угольных бассейнов и при прогнозе степени опасности и угрозы существенного загрязнения ОПС при сжигании ртутьсодержащих углей на ТЭС, где ежегодно сжигаются десятки млн т угля.

**Мышьяк.** Формы нахождения As в антрацитах и каменных углях Донбасса изучены недостаточно. Установлено, что преобладающая доля As в них связана с их минеральной частью. Это подтверждается сравнением содержания As в валовых пробах каменного угля и его минеральной части. Содержание As в пирите, выделенном из угля, в 3,5 раза выше, чем в валовой пробе. Аналогичные данные получены и в результате сопоставления содержаний мышьяка в пробах, отобранных из пластов шахты №6, во фракциях угля, отобранных из пластов антрацита Свердловско-Гуковского углепро-

мышленного района, а также из антрацитов Чистяковско-Снежинской котловины [3, 4, 7, 8].

Распределение As и других элементов в выделенных фракциях весьма неравномерно. Наиболее высокое содержание мышьяка установлено во фракциях, выделенных по плотности > 1,8-1,9 и > 1,0-2,0 г/см<sup>3</sup>. Во фракциях антрацита, выделенных по гранулометрическому составу, наблюдается повышение содержания мышьяка по мере уменьшения крупности частиц. Выявленная закономерность отчетливо проявляется в мелких фракциях угля (1-6 мм). Наличие токсичных элементов в мелких и тяжелых фракциях угля характерно также для Cr, Ni, V, Cu, Mo, Co, Ba, Pb и Sc, связанных с пиритом и песчано-глинистыми породами. На связь As с минеральной частью углей указывают данные распределения его содержания во фракциях каменного угля, отобранного из пласта вблизи ртутных руд Никитовского месторождения.

Таблица 2

Формы нахождения серы в каменном угле марки ОС в пробах, отобранных на Узловской ЦОФ

Классы крупности угля, мм		Содержание серы, % по массе				Содержание компонентов, % по массе				
		S <sub>t</sub> <sup>d</sup>	S <sub>c</sub> <sup>d</sup>	S <sub>SO4</sub> <sup>d</sup>	S <sub>орг</sub> <sup>d</sup>	A <sup>d</sup> ,%	Fe,%	As, г/т	Pb, г/т	Zn, г/т
Узловская ЦОФ, марка угля ОС, плотности < 1,5 г/см <sup>3</sup>										
-3	+2,5	1,85	0,87	0,09	0,89	5,18	0,3	150	1,5	20
-2,5	+1,0	2,22	0,93	0,12	1,2	4,50	1,0	150	2,0	20
-1,0	+0,63	2,22	0,77	0,09	1,36	4,21	1,0	150	2,5	20
-0,63	+0,1	1,8	0,71	0,11	0,99	3,85	5,0	120	2,0	15
-0,1	+0,063	1,62	0,43	0,17	1,02	4,36	0,5	120	5,0	20
-0,63	+0,05	1,46	0,26	0,25	0,95	6,73	0,1	320	5,0	32
	-0,05	1,27	0,21	0,24	0,82	7,23	0,1	120	5,0	320
Узловская ЦОФ, марка угля ОС, плотности > 1,8 г/см <sup>3</sup>										
-3	+2,5	3,10	1,97	0,17	0,90	82,58	4,0	400	32	120
-2,5	+1,0	3,20	2,56	0,18	0,46	81,95	4,0	400	32	120
-1,0	+0,63	3,81	2,11	0,15	0,46	80,36	4,0	400	32	120
-0,63	+0,1	4,04	3,14	0,92	0,71	78,3	5,0	320	40	120
-0,1	+0,063	нет данных								
-0,63	+0,05	6,04	5,07	0,43	0,54	77,91	9,0	400	40	250
	-0,05	6,15	4,85	0,85	0,70	78,69	10,0	400	40	250

**Водорастворимая форма As.** Менее распространенной формой нахождения As в каменных углях и пиритах является сорбированная форма, установленная в выработках шахты №6. Около 80 % As от валового содержания в исходной пробе сорбировано органическим веществом и пиритом и легко вымывается из углей.

Нами выполнена сравнительная оценка содержания токсичных элементов в исходном сырье, промпродуктах и отходах углеобогащения ЦОФ «Узловская». Исследования проведены методом атомно-абсорбционной

спектрометрии. Определение классов опасности (КО) отходов выполнено в соответствии с СанПиН 2.2.7.029–99 «Гигиенические требования по обращению с промышленными отходами и определение их классов опасности для здоровья населения».

Порода, флотоотходы и шламы ЦОФ могут быть отнесены к 4 КО. В табл. 7 приведен пример баланса токсичных элементов в пробах и фракциях антрацита [7, 8]. Состав накапливающихся техногенных отложений определяется факторами, главными из которых являются: условия образования (добыча и обогащение

угля, переработка концентратов, сжигание угля и т.д.); состав исходного угля (месторождения угля, цветных и редких металлов и др.); физико-химические процессы климатического воздействия и выветривания отвалов [13–15]. Экономическая эффективность применения предложенного автором с сотрудниками метода утилизации отходов угледобычи приведена в табл. 8.

Техногенные отложения 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 др. факторов происходит интенсивное растворение и миграция ионов тяжелых и редких металлов. При этом могут образовываться обедненные и обогащенные ме-

таллами участки с восстановленными и окисленными формами их нахождения.

Главными видами воздействия объектов угольной промышленности на ОПС являются поступление в атмосферу, водный бассейн, грунтовые воды и на земную поверхность токсичных компонентов сырья, полупродуктов, собственных отвалов и деятельности вспомогательных производств.

Основные источники воздействия объекта на ОПС – пылегазовые выбросы, сбросы с территории шламонакопителей и отвалов (см. рис). Индикаторы загрязнения ОПС – химические соединения из состава сырья и собственных отходов с учетом фона в районе предприятия. Объекты ущерба – приземная атмосфера, земли, водоемы в пределах рассеяния индикаторов загрязнения, антропогенные объекты, ландшафты [3, 4, 7, 8].

Таблица 3

Сопоставление содержания ртути, мышьяка и сурьмы в углях и пиритах, извлеченных из углей обследованных шахт

Номер пробы	Место отбора проб	Содержание, г/т					
		Ртуть		Мышьяк		Сурьма	
		в валовой пробе угля	в пирите из валовой пробы	в валовой пробе угля	в пирите из валовой пробы	в валовой пробе угля	в пирите из валовой пробы
1	Шахта №7	0,5	5	50	350	–	следы
2	Там же	3,0	8	1000	3500	200	300
3	Шахта №8	0,1	5	200	800	18	100
4	Шахта №9	0,8	7	40	2000	–	100

Таблица 4

Распределение элементов во фракциях антрацита из угольных пластов Чистяково–Снежинской котловины

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Среднее содержание, г/т						
	мышьяк	никель	ванадий	висмут	медь	молибден	титан
1600	158	32	63	2,7	61	4,75	1750
> 1600/ 1800	241	56	126	2,6	63	6,6	1980
> 1800 / 1900	319	50,5	112	2,1	76	6	2440
> 1900 / 2000	296	80	150	3,2	80	8	4000

Таблица 5

Усредненные характеристики отвальных углесодержащих пород, % по массе

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	По всем классам крупности		Всплывшие, общий выход		Осевшие, общий выход	
	содержание фракции	зольность	содержание фракции	зольность	содержание фракции	зольность
0–1800	8–9	4–5	8–10	4,5	100	82,3
1080–2000	4–4,5	18–20	11–13	9,4	91,3	85,0
2000–2200	2–2,5	33–36	14–16	12,1	87,3	93,1
+2200	84–86	92–94	100	81,4	85,4	94,0

Таблица 6

Распределение элементов во фракциях антрацита из угольных пластов  
Чистяково–Снежинской котловины\*

Класс крупности, мм	Наименование вещества	Среднее содержание, г/т					
		хром				мышьяк	
1 – 3	уголь	1	63			2	285
3 – 6	уголь	3	74,5			3	240
6 – 0	уголь	9	108,7	14	11,8	10	174,7
6 – 13	уголь	15	84,4	10	9,6	13	168,5
13 – 25	уголь	8	76	13	11,1	11	141,5
25 – 50	уголь	18	63,6	23	7,43	18	169,4
	порода	8	139,9	1	100	11	158,2
50 – 100	уголь	13	30,3	17	11,7	12	200
	порода	17	151,5	1	150	14	109,1
100 – 150	уголь	12	29,7	7	7,3	18	198,4
	порода	12	117	1	150	11	112,5
	уголь	4	50	8	10,3	4	247,5
150	порода	11	122,2	4	130	11	173
Среднее:	уголь	83	64,4	92	9,89	91	173,6
	порода	43	132,65	7	132,5	48	133,5

\*В исследованиях принимал участие Кононов Ю.А.



Таблица 7

Баланс токсичных и потенциально токсичных элементов в пробах антрацита  
Должанского Капшталного участка

Элемент	Содержание элемента, г/т	Фракция < 1,5 г/см <sup>3</sup>	Фракция > 1,5 г/см <sup>3</sup> - < 2,9 г/см <sup>3</sup>	Фракция > 2,9 г/см <sup>3</sup>	Общее количество элементов от исходного кол-ва элементов, %
		содержание элемента, г/т	содержание элемента, г/т	содержание элемента, г/т	
Hg	1,1	0,71	0,82	8,87	84,3
As	188	180	300	1030	163,7
Be	3,05	4,0	3,1	1,0	108
Mn	425	625	680	875	159,3
Ni	29	24	27	36	90,7
V	85	93	86	6,4	98,1
Cr	128	166	158	252	128,9
Co	20,5	12	14	68	78,6
Ti	1630	1800	1300	58	133,3
Zn	115	50	56	130	83,1
S <sub>общ.</sub>	468600	159650	206150	307375	50,5
Зола	168600	20312	28188	178412	432,9

Таблица 8

Экономическая эффективность применения метода утилизации отходов угледобычи

Этапы работы по предлагаемым методам	Физические характеристики	Ед. изм.	Затраты, грн		Доходы, грн		Этапы работ действующими методами	Физические характеристики	Ед. изм.	Затраты, грн	
			на весь объем за 10 лет	на 1 т угля за год	на весь объем за 10 лет	на 1 т угля за год				на весь объем за 10 лет	на 1 т угля за год
Закладка породы в выработанное пространство шахты	33x10 <sup>3</sup>	т/год	17,4x10 <sup>6</sup>	1,34	5,7x10 <sup>6</sup>	0,44	погрузка породы и транспорт	33x10 <sup>3</sup>	т/год	23,1x10 <sup>6</sup>	1,78
Сокращение платежей за загрязнение атмосферы	185,3	т/год	–	–	11,6x10 <sup>4</sup>	65x10 <sup>6</sup>	размещение породы на поверхности	33x10 <sup>3</sup>	т/год	26,59x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>-3</sup>
Сокращение платежей за размещение породы на поверхности	33x10 <sup>3</sup>	т/год	–	–	26,6x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>3</sup>	Хранение породы на поверхности	5,72x10 <sup>6</sup>	т/год	0	0
Пожаротушение	2,6	га	1x10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>3</sup>	0	0	выбросы из отвалов	278,32	т/год	116,3x10 <sup>3</sup>	9,2x10 <sup>-3</sup>
Разработка отвалов и производство продукции: – отбор мелкого угля, – пр-ство удобрений	37,2x10 <sup>3</sup> 12,5x10 <sup>3</sup>	т/год т/год	20,84x10 <sup>6</sup> 11,71x10 <sup>6</sup>	1,6 0,9	31,3x10 <sup>6</sup> 13,6x10 <sup>6</sup>	2,4 1,1	пожаротушение	2,6	га	1x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>-3</sup>
Консервация отвалов	3,5	га	76,66	5,9	0	0	рекультивация	3,5	га	76,66x10 <sup>6</sup>	5,9
Итого	–	–	126,67x10 <sup>6</sup>	9,74	50,74x10 <sup>6</sup>	3,51	Итого	–	–	97,92x10 <sup>6</sup>	7,68

**Выводы**

1. В приповерхностной зоне ряда угольных месторождений под влиянием кислорода, осадков, фильтрационных полей происходят активное растворение и миграция токсичных ионов тяжелых и редких металлов и металлоидов.

2. Представлены данные о присутствии и накоплении токсичных элементов и их соединений в углях, сопутствующих породах и отходах ряда шахт и обоганительных фабрик Украины и их воздействии на окружающую среду.

3. Полученные данные позволяют приступить к разработке методик поисков и прогнозирования Hg-As-Pb-содержащих углей и скрытых руд этих элементов в угленосных отложениях по их ореолам.

4. Решение проблем попутного извлечения ртути, мышьяка и др. токсикантов перед коксованием и сжиганием углей, очистки выбросов от вредных для здоровья токсикантов на коксохимических заводах весьма актуально с учетом объемов добываемых и перерабатываемых углей.

**Библиографический список**

1. Савосько В.Н. Некоторые биологические подходы к нормированию содержания тяжелых металлов в почве металлургических регионов / В.Н. Савосько, Т.В. Горбань, В.А. Гапон / Тез. докл. II Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2005. – С. 210-211.

2. 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». – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2005. – С. 142-146.

3. Касимов А.М. Промышленные отходы. Проблемы и решения. Технологии и оборудование / А.М. Касимов, В.Т. Семенов, А.А. Романовский. – Харьков: ХНАГХ, 2007. – 411 с.

4. Касимов А.М. Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами / А.М. Ка-

симов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань Н.Г. [и др.]. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 510 с.

5. Грицик В. Экологія довкілля. Охорона природи: навч. Посібник / В. Грицик, Ю. Канарський, Я. Бедрий. – К.: Кондор, 2009. – 290 с.

6. Ісаєнко В.М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К.: НАУ-друк, 2009. – 310 с.

7. Касимов А.М. Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения / А.М. Касимов, Л.Л. Товажнянский, В.И. Тошинский [и др.]. – Харьков: Изд. Дом НТУ «ХПИ», 2009. – 512 с.

8. Семиноженко В.П. Промышленные отходы: проблемы и пути решения. / В.П. Семиноженко, Д.В. Сталинский, А.М. Касимов. – Харьков: Индустрия, 2011. – 510 с.

9. Воронина А. В. Радиоэкология: учебное пособие / А.В. Воронина, Н.Д. Бетенеков, Т.А. Недобух. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 222 с.

10. Харин С.Е. Физическая химия / С.Е. Харин. – Киев: Издательство Киевского университета, 1961. – 554 с.

11. Большая энциклопедия нефти и газа / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id634255p2.html>.

12. Угли коксовые / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://krasnoyarsk.all.biz/ugli-koksovyue-vtore-g258035#.VQVfpNKsWT8>.

13. Касимов А.М. Основные мероприятия по ликвидации ущерба окружающей природной среде в районе размещения накопителей отходов металлургических заводов / А.М. Касимов // Черная металлургия. – 2011. – Вып. 12 (1344) – С. 70-72.

14. Касимов А.М. Эколого-экономические методы сокращения ущерба окружающей среде, наносимого накопителями отходов / А.М. Касимов, И.В. Удалов // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна №1128. Сер. Геологія, географія, екологія. – Вып. 41. – 2014. – С. 133-139.

15. Касимов А.М. Теоретические основы экологического мониторинга / А.М. Касимов, М.М. Козуля. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – 176 с.

Рукопись поступила в редакцию 11.09.2018



**THE STUDY OF THE CHEMICAL COAL COMPOSITION OF A NUMBER OF MINES AS WELL AS COAL-  
PREPARATION PLANTS OF UKRAINE AND THE PROSPECTS FOR THE DISPOSAL OF COAL DUMPS**

© A.N. Kasimov, Doctor of Technical Sciences (SE "UKHIN")

*The article provides information on the presence and accumulation of toxic elements in coal, anthracites and related rocks of a number of mines and processing plants in Eastern Ukraine and their impact on the environment. The forms of finding toxic and related elements in coal and anthracites have been studied. To clarify their relationship with the organic and mineral matter of coal, a semi-quantitative spectral method was used. There has been defined the fractional composition of coal samples from coal seams of grade Zh on the mercury deposits of Nikitovsky ore field, coal of different classes of grade OS, at Uzlovskaya TSO, coal anthracite from coal seams of Dolzhansky Capital site Sverdlovsk coal industry region.*

*According to the values of the coefficients of kinship, 2 groups of toxic and related elements have been identified; they are associated with organic matter in coal and anthracite of Donbass. The first group is associated with organic; the second one is with the mineral part of coal. With organic matter in coal, a close relationship has been found for Ge, Nb, B, Sn, Bi, Yb, Tl, Y, Ga, La, Be, V, Mo.*

*The regularities of the distribution of mercury compounds and Hgmet in coal of various genetic types of coal basins have been established. It has been identified that the predominant share of As in coal seams in mercury deposits is associated with their mineral part.*

*The data obtained allow us to proceed to the development of methods for searching and predicting Hg- and As-containing coal and hidden ores containing these elements in coal-bearing sediments along their haloes. Solving the problems of the accompanying extraction of mercury, arsenic and other toxicants before the process of coking and burning coal, cleaning the air of hazardous substances at coke plants is very important, taking into account the volume of coal produced and processed.*

**Keywords:** coal, enrichment, toxic elements, fractional composition, organic and mineral forms, environment, mercury content, arsenic, sulfur, compounds of rare-earth, scattered and rare metals.

**ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВУГІЛЛЯ РЯДУ ШАХТ І ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ФАБРИК УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ УТИЛІЗАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ВІДВАЛІВ**

© О.М. Касімов, д.т.н. (ДП «УХІН»)

*У статті надано відомості щодо присутності і накопичення токсичних елементів у вугіллі, антрацитах і супутніх породах ряду шахт і збагачувальних фабрик Східної України й їх впливу на довкілля. Вивчені форми знаходження токсичних і супутніх елементів в кам'яному вугіллі і антрацитах. Для уточнення зв'язку їх з органічною і мінеральною речовиною вугілля використано спектральний напівкількісний метод, визначено фракційний склад проб вугілля з пластів кам'яного вугілля марки Ж на ртутних родовищах Никитовського рудного поля, вугілля різних класів марки ОС, на Узловській ЦОФ, антрациту з вугільних пластів Должанської Капітальної ділянки Свердловського вуглетромишлового району.*

*За значеннями коефіцієнтів спорідненості виділено 2 групи токсичних і супутніх елементів, пов'язаних з органічною речовиною в кам'яному вугіллі і антрацитах Донбасу. Перша пов'язана з органічною, друга – з мінеральною частиною вугілля. З органічною речовиною в кам'яному вугіллі тісний зв'язок виявлено для Ge, Nb, B, Sn, Bi, Yb, Tl, Y, Ga, La, Be, V, Mo.*

*Встановлено закономірності розподілу з'єднань ртуті і Hg<sub>мет</sub> у вугіллі різних генетичних типів вугільних басейнів. Встановлено, що переважająca доля As у вугільних пластах на ртутних родовищах пов'язана з їх мінеральною частиною.*

*Отримані дані дозволяють приступити до розробки методик пошуку і прогнозування Hg- та As-вміщуючого вугілля і прихованих руд, котрі містять ці елементи, у вугленосних відкладеннях по їх ореолах. Рішення проблем супутнього вилучення ртуті, миш'яку та ін. токсикантів, перед процесами коксування і сталювання вугілля, очищення повітря від небезпечних речовин на коксохімічних заводах дуже актуально з урахуванням об'ємів вугілля, що видобувається і переробляється.*

**Ключові слова:** вугілля, збагачення, токсичні елементи, фракційний склад, органічні і мінеральні форми, до-  
вкілля, вміст ртуті, миш'яку, сірки, з'єднання рідкоземельних, розсіяних і рідкісних металів.