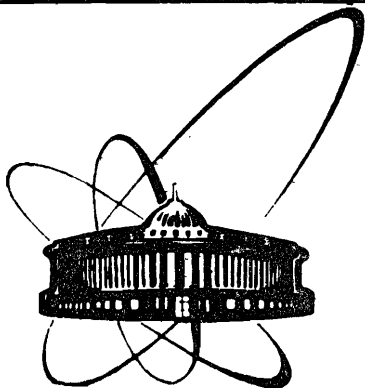


87-648



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

C57

18-87-648

Н.Содном, Ш.Гэрбиш, О.Д.Маслов, К.А.Гаврилов,
А.Фидеркевич

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПРОЦЕССЕ СЖИГАНИЯ УГЛЕЙ

Направлено в журнал "Химия твердого тела"

1987

Угли являются природными концентраторами ряда элементов, например германия, молибдена, урана, а содержание в них бериллия, ванадия, вольфрама, мышьяка, серебра, цинка и др. иногда в 100-1000 раз выше кларка; при этом угли оцениваются как комплексные руды^{/1/}. Относительное содержание указанных элементов существенно изменяется в зависимости от геохимических условий образования угольных месторождений.

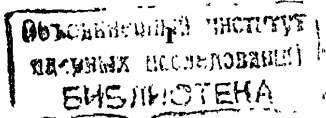
При энергетическом сжигании углей микроэлементы в зависимости от их физико-химических свойств концентрируются в шлаке, в зольных уносах или же переходят в газовую фазу. Изучение распределения редких и токсичных элементов между твердой и газовой фазами в различных частях технологических установок, где существенно различаются температуры, имеет практическое значение. Поскольку сжигание углей приводит к уменьшению массы образца, оно может быть использовано для повышения аналитической чувствительности определения некоторых примесных элементов в углях. А для правильного анализа исходного образца необходимо знать поведение элементов в процессе сжигания.

В работе^{/2/} сообщалось о распределении ряда макро- и микроэлементов между различными фракциями, полученными при сжигании бурных углей. Можно предположить, что характер распределения микроэлементов зависит от типа установок для сжигания и, конечно, от состава самих углей.

В настоящей работе приведены результаты опытов по сжиганию бурных углей из некоторых месторождений СССР, МНР и ПНР на лабораторной установке. Кроме того, анализировали распределение ряда микроэлементов на промышленных технологических установках.

Методика эксперимента

Сжигание углей производили на установке непрерывного действия, изготовленной на основе бытового аппарата и представленной на рис. I^{/3/}. Производительность установки 1-3 кг/час. Температура в зоне горения угля была около 1160°C. Температуру на сборниках зольных уносов поддерживали равной 120°C, а перед волокнистым фильтром - не более 80-90°C. Режим горения регулировали подачей воздуха в топочное пространство. Расход воздуха составлял 50 м³/час. Было проведено



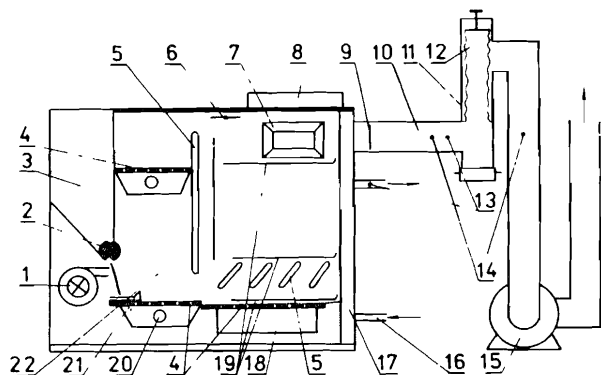


Рис.1. Схема установки для сжигания углей. 1,15 - вентиляторы, 2 - питатель, 3 - бункер, 4 - колосниковая решетка, 5 - радиатор, 6 - шибер, 7,8 - пламегаситель, 9 - задвижка, 10 - труба, 11 - фильтродержатель, 12 - фильтр, 13 - термопара, 14 - измерение расхода газа, 16 - подача воды для охлаждения, 17 - котел, 18 - зольник, 19 - сборники зольных уносов, 20 - коллектор для подачи воздуха, 21 - шурующая планка, 22 - топочное пространство.

15 опытов, в каждом из них сжигали 10 кг углей из одного месторождения. После опыта установку разбирали, очищали поверхность всех частей газового тракта от осажденных зольных уносов и их образцы анализировали. На работах ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 в г.Улан-Баторе (МНР) отбирали пробы шлаков и зольных уносов.

Содержание микроэлементов в образцах определяли с помощью инструментального гамма-активационного анализа /ИГАА/ ¹⁴. Облучение проводили тормозным излучением микротрона МТ-22 ЛЯР ОИЯИ в течение 4 часов. Энергия ускоренных электронов равнялась 18 МэВ, средний ток - 15 мкА. Порошкообразные образцы массой 1-2,5 г помещали в полиэтиленовые кассеты \varnothing 40 мм и высотой 5 мм. Кассеты закрывали лавсановой пленкой толщиной 6-10 мкм, чтобы обеспечить при измерениях минимальное поглощение рентгеновских и низкоэнергетических гамма-квантов. Пакет для облучения представлял собой цилиндр, состоящий из 7 кассет с анализируемыми образцами и одного стандартного образца. Изменение потока тормозных гамма-квантов вдоль оси цилиндрического пакета определяли с помощью помещенных между образцами мониторов, представляющих собой сетку из позолоченной вольфрамовой проволоки, запаянную в полиэтиленовую пленку.

В качестве стандартов использовали эталонные образцы почв СССР СП-1 (№ 901 - 76 ГОСТ), СП-2 (№ 902 - 76 ГОСТ).

Гамма-спектры облученных образцов измеряли с помощью детектора из сверхчистого германия объемом 2,1 см³ с разрешением 0,6 кэВ на линии ⁵⁷Со с энергией 122 кэВ и коаксиального Ge(Li)-детектора с чувствительным объемом 70 см³ и разрешением 3,5-4 кэВ на линии ⁶⁰Со с энергией 1332 кэВ. Перед измерением образцы выдерживали в течение 2 часов, 1, 7 и 20 суток с целью определения нуклидов с различными периодами полураспада. Время измерения равнялось 10, 30 и 60 минутам. Для сбора и обработки информации применяли анализатор LP-4900 фирмы NOKIA и микроЭВМ МИКАМ-2.

Результаты и обсуждение

Распределение твердых продуктов сжигания по частям лабораторной установки в процентах от массы исходного угля представлено в таблице I.

Таблица I

Распределение твердых продуктов сжигания по частям лабораторной установки (в % от массы исходного угля)

№ п/п	Часть установки	Угли	
		МНР	ПНР
1	топка (шлак)	30	20
2	левая поверхность топки	0,7	0,7
3	правая поверхность топки	0,6	0,4
4	нижние сборники	0,2	0,1
5	верхний сборник	0,12	0,1
6	пламегаситель	0,1	0,05
7	труба	0,15	0,07
8	фильтр	0,25	0,2

Результаты, представленные в таблице I, являются усредненными значениями по ряду опытов. Суммарная масса зольных уносов составляет 1,5-2,2% от исходного угля.

Отдельные фракции зольных уносов обогащены микроэлементами по сравнению с углем и в некоторых случаях даже со шлаком. В таблице 2 представлены содержания элементов в различных фракциях зольных уносов. Так, волокнистым фильтром улавливаются зольные уносы, концентрирующие мышьяк, иод, свинец; осаждаются в отложениях на стенках газового тракта установки: в топке - сурьма, кальций, на нижних сборниках - иттрий, цирконий, барий, в пламегасителе - ниобий, в трубе -

Таблица 2

Содержание элементов в угле, шлаке и зольных уносах
(лабораторная установка), г/т

Элементы	Уголь	Шлак	Поверхность топки		Сборники		Пламега- ситель	Труба	Фильтр
			левая	правая	нижние	верхний			
Натрий, %	0,1	0,44	0,07	0,04	0,16	0,12	0,12	0,12	0,10
Магний, %	0,4	1,20	0,09	0,09	0,36	0,40	0,27	0,27	0,13
Кальций, %	1,0	3,20	3,40	6,10	3,50	4,00	4,90	2,80	3,30
Титан, %	0,25	0,60	0,74	1,00	0,30	0,20	0,71	0,24	0,25
Марганец, %	0,20	0,70	0,25	0,24	0,02	0,01	0,08	0,03	0,23
Железо, %	1,00	3,20	1,80	2,00	1,70	1,60	1,60	1,50	2,00
Хром	300	1000	150	200	370	240	100	1000	700
Никель	30	95	20	25	11	5	115	230	20
Мышьяк	3,5	5	40	20	20	7	30	30	600
Рубидий	5	20	< 2	10	8	< 2	< 2	5	< 2
Стронций	150	450	100	130	300	300	340	2000	240
Иттрий	50	160	30	10	100	7	60	70	90
Цирконий	270	700	160	160	500	500	40	400	300
Ниобий	5	15	< 1	< 1	5	9	76	8	< 1
Молибден	5	27	10	15	20	16	23	58	16
Сурьма	0,5	0,5	10	140	8	10	< 0,5	< 0,5	80
Иод	< 5	20	< 5	50	6	20	30	13	80
Барий	85	250	20	100	300	200	200	200	170
Церий	30	99	5	10	37	45	27	21	5
Свинец	< 2	< 2	130	< 2	30	70	90	80	980
Торий	20	61	5	6	20	25	13	15	< 1
Уран	10	35	5	6	16	16	11	15	10

никель, хром, стронций. В шлаке концентрируются кальций, титан, марганец, железо, рубидий, цирконий, барий и др. Из вышеприведенных данных видно, что в отдельных фракциях зольных уносов создаются определенные ассоциации микроэлементов^{/5/}. Общая картина распределения элементов не противоречит известным закономерностям их поведения при высокотемпературной обработке различных природных материалов и термомохромографическом разделении смесей^{/6,7,8/}.

На охлаждаемых частях установки при температуре 90°C осаждаются уносы, содержащие сурьму, никель, хром, молибден и др. Поэтому можно рассчитывать на дополнительное улавливание микроэлементов в промышленных установках при охлаждении топочных газов с целью утилизации тепла.

Таблица 3

Содержание элементов в угле, шлаке и зольном уносе, г/т
(промышленные установки)

Элементы	ТЭЦ-1			ТЭЦ-2		
	уголь	шлак	зольные уносы	уголь	шлак	зольные уносы
Натрий, %	0,07	0,38	0,11	0,15	0,50	0,50
Магний, %	0,35	1,26	0,50	0,33	0,78	0,93
Кальций, %	1,27	2,59	1,09	1,50	6,22	5,85
Титан, %	0,21	0,99	0,33	0,15	0,28	0,58
Марганец, %	0,02	0,07	0,02	0,01	0,05	0,06
Железо, %	1,80	9,04	3,64	1,00	3,79	4,20
Скандий	7	49	15	4	21	23
Хром	8	26	24	25	59	22
Никель	< 1	26	28	< 2	70	22
Кобальт	10	24	7	5	30	32
Мышьяк	11	3	14	4	< 1	5
Рубидий	24	65	22	27	102	115
Стронций	102	370	134	120	615	509
Иттрий	15	59	53	12	43	22
Цирконий	33	150	52	36	167	170
Ниобий	2	13	11	4	10	4
Молибден	< 1	28	27	10	15	6
Сурьма	< 2	< 1	2	3	< 1	2
Цезий	4	10	4	2	9	13
Барий	214	720	227	173	592	609
Церий	17	94	91	20	71	97
Неодим	1	3	1	1	3	4
Самарий	1	8	10	5	9	3
Эрбий	3	6	2	1	4	5
Тантал	< 1	3	< 1	< 1	4	4
Вольфрам	4	9	5	< 1	6	8
Свинец	< 3	< 1	40	13	40	7
Торий	6	19	6	7	20	32
Уран	2	7	2	33	22	50

Литературные данные по распределению галлия, германия, молибдена при сжигании углей^{9,10} подтверждают, что конденсация соединений этих элементов происходит главным образом на высокодисперсных частицах зольных уносов, улавливаемых рукавными фильтрами. В наших опытах подобным образом ведут себя мышьяк и свинец. Поэтому для их более полного поглощения и концентрирования из газовой фазы надо каким-либо образом увеличить количество самой тонкой и подвижной части летучей золы с последующей очисткой топочных газов от нее.

Необходимо иметь в виду, что в зависимости от конструктивных особенностей топочных устройств и режимов сжигания углей выходы зольных уносов и содержание в них элементов могут изменяться в широких пределах. В таблице 3 приведено содержание элементов в угле, шлаке и зольном уносе на промышленных установках МНР. На рис. 2 показаны эти же результаты, а также распределение элементов при сжигании бурных углей из трех различных месторождений ПНР на лабораторной установке.

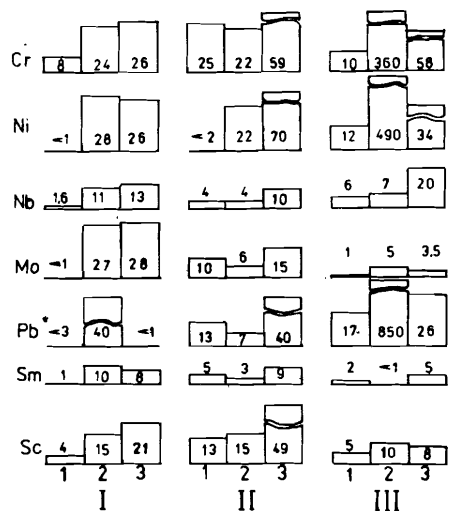


Рис. 2. Содержание элементов в угле, зольном уносе и шлаке, г/т.
I - ТЭЦ-1, II - ТЭЦ-2, III - лабораторная установка, бурные угли ПНР.
1 - уголь, 2 - зольный унос, 3 - шлак.

трудно осуществить на работающем технологическом объекте.

Из таблицы 3 видно, что в исходном угле содержание молибдена, сурьмы и свинца ниже предела обнаружения, а в зольных уносах эти элементы определяются. Зная выход технологических фракций, можно оценить содержание элемента в сжигаемом угле.

Выводы

1. При сжигании углей образуются отдельные ассоциации элементов, поведение которых определяется их летучестью в элементарном состоянии и в виде различных соединений.

2. Показано, что осаждение микроэлементов на охлаждаемых частях лабораторной и промышленной установок примерно одинаково.

3. Определение элементов в технологических фракциях, полученных после сжигания углей, повышает аналитическую чувствительность определения некоторых микроэлементов в углях.

Авторы выражают благодарность Г.Н.Флерову за постановку задачи и ценные указания, а также И.Зваре и Ю.П.Гангрскому за обсуждение результатов.

Л и т е р а т у р а

1. Клер В.Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений. "Недра", М., 1979, с.187.
2. Шпирт М.Я. и др. ОИЯИ, Р12-84-19, Дубна, 1984.
3. Флеров Г.Н. и др. Физика тяжелых ионов-85. Сборник аннотаций. ОИЯИ, Р7-86-322, Дубна, 1986, с.31.
4. Содном Н. и др. ОИЯИ, Р18-87-406, Дубна, 1987.
5. Шпирт М.Я. Безотходная технология. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых. "Недра", М., 1986, с.115, 122.
6. Eichler В.-J. Inorg. Nucl. Chem., 35, 1973, p.4001.
7. Айхлер Б., Доманов В.П. ОИЯИ, Р12-7775, Дубна, 1974.
8. Жуйков Б.Л. ОИЯИ, Р12-82-63, Дубна, 1982.
9. Лебедев В.В. и др. Комплексное использование углей. "Недра", М., 1980.
10. Шпирт М.Я. Физико-химические основы переработки германиевого сырья. "Металлургия", М., 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 августа 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1985.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
-	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Содном Н. и др.

18-87-648

Распределение элементов в процессе сжигания углей

Изучено распределение элементов при сжигании углей по частям лабораторной установки, а также содержание элементов в угле, шлаке и зольном уносе на промышленных установках. Волокнистым фильтром улавливаются зольные уносы, концентрирующие Cu, Zn, As, I, Pb, Tl; при температуре 90°C осаждаются уносы, содержащие Sb, Ni, Cr, Mo. В зольных уносах определяются Mo, Sb, I, Pb, содержание которых в исходном угле ниже предела обнаружения. Содержание микроэлементов определено с помощью инструментального гамма-активационного анализа.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод авторов

Sodnom N. et al.

18-87-648

The Distribution of the Elements During the Process of Coal Combustion

The distribution of elements during the process of coal combustion in parts of experimental apparatus have been studied and the concentrations of elements in coal, bottom ash and fly ash from Power Plants have been determined. The fly ash, enriched Cu, Zn, As, I, Pb, Tl retained by filter and the bottom ash contained Sb, Ni, Cr, Mo, are collected at 90°C. In fly ashes Mo, Sb, I, Pb have been determined, there are the concentrations of these elements in coal lower than the detection limit. The concentration of elements by instruments photon activation analysis have been determined.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987