

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 046310

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.02.23

(51) Int. Cl. G01N 23/22 (2018.01)
G01V 5/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202391931

(22) Дата подачи заявки
2023.07.05

(54) НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИРИТА В УГЛЕ

(43) 2024.02.22

(96) KZ2023/050 (KZ) 2023.07.05

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ПАК ЮРИЙ (KZ)

(56) EA-B1-39075
KZ-A4-24014
WO-A1-2016007265
US-A-4152596
US-A-4090074

(72) Изобретатель:
Пак Юрий, Нургужин Марат
Рахмалиевич, Кропачев Пётр
Александрович, Мизерная Марина
Александровна, Пак Дмитрий
Юрьевич, Мустафина Лэззэтжан
Мухамеджановна, Тебаева Анар
Юлаевна, Кузьмина Оксана
Николаевна, Абдугалиева Гульнур
Баймурзаевна (KZ)

(57) Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа сложных веществ. Задачей изобретения является повышение чувствительности определения пирита в условиях значительной изменчивости состава углей и расширение сферы применения способа. Нейтронно-физический способ определения пирита в угле, основанный на его облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения радиационного захвата (ГИРЗ) тепловых нейтронов, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах угля с минимальным и максимальным содержанием пирита измеряют энергетическое распределение ГИРЗ при различной длине зонда L , находят длину зонда L_i и выбирают энергетические интервалы: ΔE_S в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы (~5,42 МэВ) и ΔE_{Fe} в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами железа (~7,64 МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность интенсивности ГИРЗ в выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} от стандартных образцов с минимальным и максимальным содержанием пирита, а содержание пирита в угле определяют по интенсивностям ГИРЗ, измеренным при найденной длине зонда L_i и выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} . Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения способа и повышении чувствительности определения пирита за счет нахождения на угле с минимальным и максимальным содержанием пирита оптимальной длины зонда L_i и энергетических интервалов ΔE_S и ΔE_{Fe} , при которых наблюдается максимальная контрастность интенсивностей ГИРЗ в выбранных энергетических интервалах от стандартных образцов с минимальным и максимальным содержанием пирита, и определении содержания пирита по интенсивностям ГИРЗ, измеренным при найденной длине зонда L_i и выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} .

B1

046310

046310
B1

Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа сложных веществ. Оно может быть использовано для анализа углей и продуктов их переработки в угледобывающей, металлургической и других отраслях промышленности.

Широко известен рентгенофлуоресцентный способ анализа угля, заключающийся в измерении интенсивности рентгеновского флуоресцентного излучения элемента (Евразийский патент № 039341, 2022 г. Способ рентгенофлуоресцентного анализа угля. Авторы: Пак Ю., Пак Д. и др.).

Недостатком известного способа является низкая представительность анализа, обусловленная необходимостью анализа тонкоизмельченного угля аналитической крупности (~0,1 мм) массой 1-2 г.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является нейтронный гамма способ, основанный на облучении анализируемого угля потоком нейтронов и регистрации гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов ядрами железа (Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Методы и приборы ядерно-физического анализа углей. Караганда. Изд-во КарГТУ, 2012, с. 186).

Недостатком известного способа является невысокая чувствительность, обусловленная тем, что содержание пирита (FeS_2) в угле определяют только по избирательной информации о железе.

Задачей изобретения является повышение чувствительности определения пирита в условиях значительной изменчивости вещественного состава углей и расширение сферы применения способа.

Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения способа и повышении чувствительности определения пирита в угле.

Поставленная задача решается следующим образом. Интенсивность гамма-излучения, возникающего при радиационном захвате тепловых нейтронов (далее ГИРЗ) ядрами элементов, находится в сложной зависимости от многих факторов (длины зонда, нейтронно-замедляющих свойств, нейтронно-поглощающих свойств, концентрации аномальных поглотителей). В контексте поставленной задачи (определение концентрации пирита в угле) уголь можно представить трехкомпонентной смесью: углерод, пирит (FeS_2), алюмосиликатные минеральные соединения. Иными словами в анализируемых углях находятся углерод, кислород, алюминий, кремний, сера, кальций и железо. Последние 5 элементов составляют более 95% всей минеральной части угля.

В табл. 1 даны значения макроскопических сечений радиационного захвата тепловых нейтронов и значения энергий ГИРЗ. Вероятность радиационного захвата тепловых нейтронов максимальна у Fe ($2,8 \text{ см}^2/\text{г}$) и серы ($0,96 \text{ см}^2/\text{г}$).

Таблица 1

Элемент	Макроскопическое сечение РЗ, $\text{см}^2/\text{г}$	Энергия ГИРЗ, МэВ
C	~0	-
Al	0,52	7,72
Si	0,34	4,93
S	0,96	5,44
Ca	0,65	6,41
Fe	2,8	7,64

Таким образом, энергетическое распределение ГИРЗ тепловых нейтронов от угля формируется ГИРЗ от ядер Al, Si, S, Ca и Fe. Превалирующий вклад вносят Fe и S.

Возможности раздельного определения концентрации отдельных минеральных компонентов угля по спектрометрии захватного гамма-излучения ограничены недостаточным энергетическим разрешением сцинтилляционного спектрометра и сложностью его аппаратной функции. В результате аппаратные спектры ГИРЗ искажены вкладом комптоновского распределения более высокоэнергетического гамма-излучения.

На основе измерения энергетического распределения ГИРЗ на стандартных образцах угля с минимальным и максимальным содержанием пирита (FeS_2) при различной длине зонда находят длину зонда L_i и выбирают энергетические интервалы ΔE_S в области ГИРЗ ядрами серы (~5,44 МэВ) и ΔE_{Fe} в области ГИРЗ ядрами железа (~7,64 МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность (дифференциация) интенсивности ГИРЗ в найденных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} к содержанию пирита. По интенсивности ГИРЗ, измеренным при найденной длине зонда L_i и выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} , определяют содержание пирита. Это делает предлагаемый способ более чувствительным.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах угля с минимальным и максимальным содержанием пирита измеряют энергетическое распределение ГИРЗ при различной длине зонда L , находят длину зонда L_i и выбирают энергетические интервалы: ΔE_S в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы (~5,44 МэВ) и ΔE_{Fe} в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами железа (~7,64 МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность интенсивности ГИРЗ в найденных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} от стандартных образцов с минимальным и максимальным содержанием пирита, а содержание пирита в угле определяют по интенсивностям ГИРЗ, измеренным при найденной длине зонда L_i и выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} .

Пример реализации способа.

В качестве анализируемого материала выбраны Карагандинские угли. Зольность менялась в пределах 18,2-34,6%. Содержание пирита - в пределах 1,44-4,64%. Источником первичного нейтронного излучения служил Po-Be источник. Регистрирующей аппаратурой служил гамма-спектрометр на основе сцинтилляционного детектора NaJ (Т1) и многоканального анализатора АИ-1024.

На стандартных образцах угля с минимальным содержанием пирита (1,44%) и максимальным содержанием пирита (4,64%) найдены оптимальные параметры: длина зонда $L_i=26$ см, энергетические интервалы $\Delta E_S=(4,51-5,48)$ МэВ; $\Delta E_{Fe}=(6,52-7,73)$ МэВ.

Содержание пирита в пробах угля массой ~ 50 кг и крупностью (~ 10 мм) определялось по интенсивностям ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы и железа, измеренным при найденной длине зонда 26 см и выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} . Это обеспечило повышенную чувствительность способа к пириту в большом диапазоне его изменения.

В табл. 2 представлены сопоставительные метрологические характеристики, полученные в процессе апробации предлагаемого и известного способов.

Таблица 2

Способ	Диапазон изменения содержания: $\frac{\text{зола}}{\text{пирита}}$, %	Относительная чувствительность, проц./% абс.
Прототип	18,2 – 34,6	4.86
	1,44 – 4,64	
Предлагаемый	18,2 – 34,6	6.14
	1,44 – 4,64	

Предлагаемый нейтронно-физический способ определения содержания пирита в угле в сравнении со способом-прототипом выгодно отличается повышенной чувствительностью к пириту в условиях значительной изменчивости состава углей, что расширяет сферу применения.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № АР 19678770).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Нейтронно-физический способ определения пирита в угле, основанный на его облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения радиационного захвата (ГИРЗ) тепловых нейтронов, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах угля с минимальным и максимальным содержанием пирита измеряют энергетическое распределение ГИРЗ при различной длине зонда L , находят длину зонда L_i и выбирают энергетические интервалы: ΔE_S в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы ($\sim 5,42$ МэВ) и ΔE_{Fe} в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами железа ($\sim 7,64$ МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность интенсивности ГИРЗ в выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} от стандартных образцов с минимальным и максимальным содержанием пирита, а содержание пирита в угле определяют по интенсивностям ГИРЗ, измеренным при найденной длине зонда L_i и выбранных энергетических интервалах ΔE_S и ΔE_{Fe} .

