

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202391931** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
2024.02.22

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

(22) Дата подачи заявки  
2023.07.05

(54) **НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИРИТА В УГЛЕ**

(96) **KZ2023/050 (KZ) 2023.07.05**

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:  
**ПАК ЮРИЙ (KZ)**

**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:  $\Delta E_S$  в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы ( $\sim 5,42$  МэВ) и  $\Delta E_{Fe}$  в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами железа ( $\sim 7,64$  МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность интенсивности ГИРЗ в выбранных энергетических интервалах  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$  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  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$ . 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  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$ , 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  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$ .

**A1**

**202391931**

**202391931**

**A1**

## НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИРИТА В УГЛЕ

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, 2022г. 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 грамм.

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. – 186с.).

Недостатком известного способа является невысокая чувствительность, обусловленная тем, что содержание пирита ( $\text{FeS}_2$ ) 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 ( $\text{FeS}_2$ ), 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 таблице 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 $R_3$ , см <sup>2</sup> /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 отдельного определения концентрации отдельных минеральных компонентов угля по спектрометрии захватного гамма-излучения ограничены недостаточным энергетическим разрешением сцинтилляционного спектрометра и сложностью его аппаратурной функции. В результате аппаратурные 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  $\Delta E_S$  в области ГИРЗ ядрами серы (~5,44 МэВ) и  $\Delta E_{Fe}$  в области ГИРЗ ядрами железа (~7,64 МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность (дифференциация) интенсивности ГИРЗ в найденных энергетических интервалах  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$  к содержанию пирита. По интенсивности ГИРЗ, измеренным при найденной длине зонда  $L_i$  и выбранных энергетических интервалах  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$ , 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:  $\Delta E_S$  в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы (~5,44 МэВ) и  $\Delta E_{Fe}$  в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами железа (~7,64 МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность интенсивности ГИРЗ в найденных энергетических интервалах  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$  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  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$ .

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(Tl) 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  $L_1=26$  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  $\sim 50$  кг и крупностью ( $\sim 10$  мм) определялось по интенсивностям ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы и железа, измеренным при найденной длине зонда 26 см и выбранных энергетических интервалах  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$ . Это обеспечило повышенную чувствительность способа к пириту в большом диапазоне его изменения.

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

Таблица 2

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

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 № AP19678770).*

## **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

### **НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПИРИТА В УГЛЕ**

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:  $\Delta E_S$  в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами серы ( $\sim 5,42$  МэВ) и  $\Delta E_{Fe}$  в области ГИРЗ тепловых нейтронов ядрами железа ( $\sim 7,64$  МэВ), при которых наблюдается максимальная контрастность интенсивности ГИРЗ в выбранных энергетических интервалах  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$  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  $\Delta E_S$  и  $\Delta E_{Fe}$ .

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202391931****А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

МПК:

*G01N 23/22 (2018.01)**G01V 5/00 (2006.01)*

СПК:

*G01N 23/22**G01V 5/00***Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

G01N 23, G01V 5/00 - 5/14, G01T 1

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, используемые поисковые термины)

Esp@cenet, PatSearch, ЕАПАТИС, Google Patents, PATENTSCOPE

**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	EA 39075 B1 (ПАК Ю. Н. и др.), 30.11.2021, реферат	1
A	KZ 24014 A4 (ПАК Ю. Н. и др.), 16.05.2011, реферат	1
A	WO 2016/007265 A1 (SABIA INC), 14.01.2016, реферат	1
A	US 4152596 A (MDH IND INC), 01.05.1979, реферат	1
A	US 4090074 A (ATOMIC ENERGY OF AUSTRALIA), 16.05.1978, реферат	1

 последующие документы указаны в продолжении

\* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&amp;» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **06/12/2023**

Уполномоченное лицо:

Начальник отдела механики,  
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов