

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202092312** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки  
2021.11.25

(51) Int. Cl. *G01N 23/22* (2018.01)  
*G01N 23/2206* (2018.01)  
*G01V 5/10* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2020.09.30

---

(54) **НЕЙТРОННЫЙ-ГАММА СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ**

---

(96) **KZ2020/066 (KZ) 2020.09.30**

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:  
**ПАК ЮРИЙ (KZ)**

**Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,  
Туганов Серикпай Куспанович,  
Нугужинов Жмагул Смагулович,  
Аубакиров Абылай Айбекович,  
Отубаев Ильдар Тимирханович (KZ)**

---

(57) Изобретение относится к нейтронному-гамма способу контроля зольности угля. Задачей изобретения является повышение точности определения зольности угля в условиях значительной изменчивости содержания железа. Нейтронный-гамма способ контроля качества угля, заключающийся в регистрации гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов с энергией выше ~5 МэВ, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах угля с известным содержанием железа находят ширину энергетического интервала  $\Delta E_i$  в области аналитической линии Fe (7,64 МэВ), при которой достигается максимальная контрастность интенсивности захватного гамма-излучения при изменении содержания железа, а зольность угля определяют по интенсивности гамма-излучения с энергией выше 5 МэВ совместно с интенсивностью захватного гамма-излучения в области аналитической линии железа, измеренной при найденной ширине энергетического интервала  $\Delta E_i$ . Технический результат изобретения состоит в повышении точности и расширении сферы применения за счет нахождения ширины энергетического интервала  $\Delta E_i$  в области аналитической линии железа и определении зольности угля по интенсивности захватного гамма-излучения с энергией выше 5 МэВ совместно с интенсивностью гамма-излучения, измеренной при найденной ширине  $\Delta E_i$ .

---

**A1**

**202092312**

**202092312**

**A1**

## НЕЙТРОННЫЙ-ГАММА СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ

Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа сложных веществ, а именно к нейтронным способам контроля качества углей.

Оно может быть использовано для определения зольности угля в процессе его добычи и переработки в горнодобывающей, металлургической и других отраслях промышленности.

Известен нейтронный-гамма способ определения зольности, основанный на облучении угля потоком быстрых нейтронов и регистрации мгновенного гамма-излучения, с энергией выше  $\sim 5$  МэВ, возникающего при радиационном захвате тепловых нейтронов ядрами основных золообразующих элементов: Al, Si, S, Ca, Fe (Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Применение радиационного захвата тепловых нейтронов для определения зольности угля. – Атомная энергия, 1974, вып.4, с. 79-80).

Указанные золообразующие элементы при радиационном захвате тепловых нейтронов испускают гамма-излучение (далее захватное гамма-излучение) с различной энергией: 4,96 МэВ (Si), 5,42 МэВ (S), 6,44 МэВ (Ca), 7,64 МэВ (Fe), 7,72 МэВ (Al). Известный способ использует взаимосвязь между интегральной интенсивностью захватного гамма-излучения с энергией выше  $\sim 5$  МэВ и суммой золообразующих элементов (зольностью угля).

Недостатком известного способа является высокая погрешность определения зольности угля в условиях изменчивости содержания железа в золе. Это обусловлено тем, что железо по сравнению с другими золообразующими элементами обладает почти в 4,5 раза большим макроскопическим сечением радиационного захвата тепловых нейтронов. Поэтому при изменении содержания железа интегральная интенсивность гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов с энергией выше 5 МэВ будет также изменяться, внося существенную погрешность в результате определения зольности угля.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является нейтронный-гамма метод, заключающийся в регистрации интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов с энергией (5,0-7,8) МэВ с коррекцией по содержанию железа, измеряемого по величине отношения интенсивностей в двух областях нейтронного-гамма спектра: (6,6-7,8) МэВ и (4-5) МэВ. (Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. М. Недра, 1985, с. 139).

Недостатком известного способа является невысокая точность определения зольности угля в котором содержание железа варьирует в значительных пределах.

Точность определения зольности в условиях переменного содержания железа во многом зависит от чувствительности инструментальной оценки железа. Предлагаемая в известном способе коррекция на переменное содержание железа осуществляется по отношению интенсивностей захватного гамма-излучения в двух областях нейтронно-гамма спектра. В энергетический интервал (6,6-7,8) МэВ дает вклад захватное гамма-излучение Ca, Fe и Al. В нормируемом энергетическом интервале (4-5) МэВ находятся захватное гамма-излучение Si, парный пик захватного гамма-излучения S, гамма-излучение неупругого рассеяния быстрых нейтронов ядрами углерода (4,43 МэВ) и определенная доля вклада комптоновского распределения более высокоэнергетического гамма-излучения. Отсюда выбранное отношение интенсивностей гамма-излучения в двух энергетических областях слабо контрастно к железу. Поэтому в условиях значительной изменчивости железа в углях выбранная коррекция результатов не позволяет достичь удовлетворительной точности определения зольности угля.

Задачей изобретения является повышение точности определения зольности угля в условиях значительной изменчивости содержания железа.

Технический результат изобретения состоит в повышении точности способа и расширении сферы его применения в условиях значительной изменчивости содержания железа.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения угля потоком быстрых нейтронов дополнительно на стандартных образцах угля среднего состава с известными содержаниями железа устанавливают зависимости интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов ядрами железа с энергией 7,64 МэВ от содержания железа в угле и ширины энергетического интервала  $\Delta E$  в области аналитической линии железа (7,64 МэВ), находят ширину энергетического интервала  $\Delta E_i$ , при которой достигается максимальная контрастность интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов в области аналитической линии железа при изменении его содержания, а зольность угля определяют по интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов с энергией выше ~5 МэВ совместно с интенсивностью гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов в области аналитической линии железа, измеренной при найденной ширине энергетического интервала  $\Delta E_i$ .

В нейтронно-гамма спектре угля захватное гамма-излучение Fe (7,64 МэВ) располагается вблизи захватного гамма-излучения Al (7,72 МэВ). Энергетическая близость

этих излучений усложняет отдельную регистрацию аналитической линии железа. Сечение радиационного захвата тепловых нейтронов у железа почти в 7 раз выше, чем у Al. Тем не менее в энергетической области аналитической линии железа (7,64 МэВ) есть определенная доля захватного гамма-излучения Al. Для более точной оценки содержания железа находят ширину энергетического интервала  $\Delta E_i$  в области аналитической линии Fe, при которой наблюдается максимальная контрастность интенсивности захватного гамма-излучения к изменению концентрации железа. Интенсивность захватного гамма-излучения, измеренная при найденной ширине энергетического интервала  $\Delta E_i$ , с высокой чувствительностью характеризует концентрацию железа в большом диапазоне его изменения.

Это позволяет повысить точность определения зольности угля в условиях значительной изменчивости содержания железа в углях.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах с известными содержаниями железа измеряют зависимости интенсивности захватного гамма-излучения железа с энергией 7,64 МэВ от содержания железа и ширины энергетического интервала  $\Delta E$  в области аналитической линии железа, находят ширину энергетического интервала  $\Delta E_i$ , при которой достигается максимальная контрастность интенсивности захватного гамма-излучения при изменении содержания железа, а зольность угля определяют по интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов с энергией выше ~5 МэВ совместно с интенсивностью гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов, измеренной при найденной ширине энергетического интервала  $\Delta E_i$ .

Пример реализации предлагаемого способа. Экспериментальная апробация способа проведена на Карагандинских и Экибастузских углях, зольность которых варьировала в интервале (12-41%), а содержание железа в золе менялось в диапазоне (2-17) %. В качестве источника быстрых нейтронов использован Po-Be источник мощностью  $\sim 10^8$  н/сек.

Нейтронное гамма-излучение регистрировалось гамма-спектрометром на основе сцинтилляционного детектора NaI(Tl) и многоканального амплитудного анализатора АИ-1024. Оптимальная ширина энергетического интервала  $\Delta E_i$  в области аналитической линии железа составила 0,85 МэВ (7,12-7,97 МэВ).

Измеренная интенсивность захватного гамма-излучения при найденной ширине 0,85 МэВ максимально контрастна к железу в угле, что обеспечило коррекцию результатов контроля зольности угля в условиях изменчивости содержания железа.

В таблице представлены сопоставительные метрологические характеристики предлагаемого изобретения и способа-прототипа.

Способ	Диапазон изменения, %	
--------	-----------------------	--

	зольности	железа в золе	Среднеквадратическая погрешность, % отн.
Предлагаемый	16-41	2-14	10,1
Прототип	16-41	2-14	14,6

Предлагаемый способ в сравнении с известным прототипом характеризуется повышенной точностью определения зольности угля в условиях значительной изменчивости содержания железа, что существенно расширяет сферу его применения.

## **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

### **НЕЙТРОННЫЙ-ГАММА СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ**

Нейтронный-гамма способ контроля качества угля, заключающийся в облучении угля потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов ядрами золообразующих элементов с энергией выше  $\sim 5$  МэВ отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах угля среднего состава с известными содержаниями железа устанавливают зависимости интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов ядрами железа с энергией 7,64 МэВ от содержания железа в угле и ширины энергетического интервала  $\Delta E$  в области аналитической линии железа (7,64 МэВ), находят ширину энергетического интервала  $\Delta E_1$ , при которой достигается максимальная контрастность интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов в области аналитической линии железа при изменении его содержания, а зольность угля определяют по интенсивности гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов с энергией выше  $\sim 5$  МэВ совместно с интенсивностью гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов в области аналитической линии железа, измеренной при найденной ширине энергетического интервала  $\Delta E_1$ .

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**  
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202092312**

**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

G01N 23/22 (2006.01)  
G01N 23/2206 (2018.01)  
G01V 5/10 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**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	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

«Е» - 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

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **07/04/2021**

Уполномоченное лицо:

Заместитель начальника отдела механики,  
физики и электротехники

  
Д.Ф. Крылов