

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202192589** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки  
**2023.03.24**

(51) Int. Cl. **G01N 23/09** (2006.01)  
**G01V 5/10** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2021.10.04**

---

**(54) НЕЙТРОННЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УГЛЯ**

---

(96) **KZ2021/051 (KZ) 2021.10.04**

(71) Заявитель:  
**ПАК ЮРИЙ (KZ)**

(72) Изобретатель:

**Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,  
Баизбаев Махмед Бейсембекович,  
Пономарева Екатерина Вадимовна,  
Кенетаева Айгуль Акановна,  
Аскарова Гулжан Ермековна (KZ)**

(57) Изобретение относится к физическим способам анализа. Оно может быть использовано для оценки качества углей. Задачей изобретения является повышение точности и расширение сферы применения способа. Нейтронный способ оценки качества, заключающийся в нейтронной активации угля, отличающийся тем, что в процессе активации дополнительно на стандартных образцах углей с минимальной и максимальной влажностями находят инверсионные длины зондов  $L_1$  и  $L_2$  соответственно, при которых наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а зольность определяют по интенсивности наведенного гамма-излучения радионуклида  $Al^{28}$  совместно с величиной отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных длинах  $L_1$  и  $L_2$ . Технический результат изобретения состоит в повышении точности определения зольности и расширении сферы применения за счет нахождения на углях с минимальной и максимальной влажностями инверсионных длин зонда  $L_1$  и  $L_2$  и определении зольности угля по интенсивности наведенного гамма-излучения радионуклида  $Al^{28}$  совместно с величиной отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных инверсионных длинах зонда  $L_1$  и  $L_2$ .

**A1**

**202192589**

**202192589**

**A1**

## НЕЙТРОННЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УГЛЯ

Изобретение относится к физическим способам анализа. Оно может быть использовано для оценки их качества, в частности определения зольности в процессе добычи, складирования и переработки в геолого-геофизической, горнодобывающей и энергетической отраслях промышленности.

Известен нейтронно-активационный способ определения зольности угля, основанный на облучении угля потоком быстрых нейтронов и измерении наведенного гамма-излучения, возникающего при распаде радиоактивного нуклида алюминия-28 (Возжеников Г.С., Бреднев И.И., Трофимов В.Л. О возможности экспрессной оценки зольности углей активационным анализом. Известия вузов. Горный журнал, 1968, №10, с. 148-153).

Возможность определения зольности нейтронно-активационным способом базируется на корреляции между наведенной активностью  $Al^{28}$  и зольностью угля. Минеральная (золообразующая) масса угля в основном представлена алюмосиликатами. Содержание оксидов алюминия и кремния в золообразующей массе угля составляет более 70%. Алюминий и кремний обладают благоприятными нейтронно-активационными характеристиками. Алюминий под воздействием тепловых нейтронов по реакции  $Al^{27}(n, \gamma) Al^{28}$  превращается в радиоактивный изотоп  $Al^{28}$ , который с периодом полураспада 2,3 минуты распадается с испусканием гамма-излучения с энергией 1,78 МэВ.

Кремний под воздействием быстрых нейтронов по реакции  $Si^{28}(n, p) Al^{28}$  превращается в радиоактивный изотоп  $Al^{28}$ . Применение этих двух ядерных реакций удобно тем, что продуктом нейтронной активации является один и тот же радиоактивный изотоп  $Al^{28}$ .

Недостатком известного способа является значительная погрешность определения зольности в условиях непостоянства элементного состава минеральной (золообразующей) массы угля и переменной влажности.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является нейтронный способ анализа угля, основанный на облучении угля потоком быстрых нейтронов и регистрации наведенного гамма-излучения, возникающего при распаде радионуклида  $Al^{28}$  и тепловых нейтронов (Патент Республики Казахстан №34797, 2020. Нейтронный способ анализа угля. Авторы: Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Ибатов М.К и др.).

Недостатком известного способа является погрешность определения зольности углей в условиях переменной влажности. Данный способ учитывает вклад индикаторных элементов (Al, Si) в наведенную активность радионуклида  $Al^{28}$ . Однако дестабилизирующее влияние переменной влажности сохраняется.

Задачей изобретения является повышение точности определения зольности в условиях переменной влажности углей.

Технический результат изобретения состоит в повышении точности и расширении сферы применения способа.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения анализируемых углей (нейтронной активации) потоком быстрых нейтронов дополнительно на стандартных образцах углей с минимальной и максимальной влажностями находят инверсионные длины зондов, соответственно  $L_1$  и  $L_2$ , при которых наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а зольность угля определяют по интенсивности наведенного гамма-излучения радионуклида  $Al^{28}$  совместно с величиной отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных длинах  $L_1$  и  $L_2$ .

Наведенная активность радионуклида  $Al^{28}$  - интенсивность гамма-излучения, возникающего при его распаде, зависит в общем случае от содержания в минеральной части угля алюминия и кремния, плотности потока быстрых и тепловых нейтронов в анализируемом угле. Плотность потока нейтронов различной энергии связана с нейтронно-замедляющими и нейтронно-поглощающими свойствами анализируемого вещества. Применительно к углям на указанные нейтроны существенное влияние оказывает влажность угля и в меньшей степени вещественный состав угля. При изменении влажности угля меняется соотношение потоков быстрых и тепловых нейтронов в объеме анализируемого угля в пределах глубинности нейтронного способа. Соотношение потоков нейтронов дифференцировано также в зависимости от длины зонда (расстояние от источника нейтронов до детектора). Следовательно, вклад алюминия и кремния в наведенную активность радионуклида  $Al^{28}$  зависит от содержания этих элементов и плотности потока быстрых и тепловых нейтронов в объеме угля.

Сечение реакции  $Al^{27}(n, \gamma) Al^{28}$ , проходящей на тепловых нейтронах равно 0,21 барн. Сечение реакции  $Si^{28}(n, p) Al^{28}$ , проходящей на быстрых нейтронах, равно 0,22 барн. Вероятности этих реакций практически одинаковы. Отсюда, перераспределение Al и Si в золообразующей массе угля не повлияет на наведенную активность  $Al^{28}$  только в случае постоянства соотношения тепловых и быстрых нейтронов в исследуемом объеме, которое зависит преимущественно от влажности угля. Отсюда для повышения точности (минимизации погрешности) определения зольности угля нужны компенсирующие действия по учету возмущающего влияния переменной влажности угля на результаты анализа.

Экспериментальные исследования на углях различной влажности при переменной длине зонда показали, что в целом зависимость интенсивности тепловых нейтронов от влажности и длины зонда носит сложно-инверсионный характер с максимумом, зависящем от длины и влажности.

Область инверсии (максимум интенсивности тепловых нейтронов) закономерно смещается в сторону больших длин зонда для углей с малой влажностью, а для углей с большой влажностью в область малых длин зонда. Следовательно, измеренные интенсивности тепловых нейтронов на углях влажностью в пределах от минимально возможной до максимально

возможной будут характеризовать показания заинверсионного зонда при длине  $L_1$  и доинверсионного зонда при длине  $L_2$ . Отсюда величина отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных инверсионных длинах зонда  $L_1$  и  $L_2$  будет более дифференцированной к изменению влажности угля.

Это позволяет скорректировать результаты (интенсивность наведенного гамма-излучения радионуклида  $Al^{28}$ ) с учетом величины отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при инверсионных длинах  $L_1$  и  $L_2$ .

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах углей с минимальной и максимальной влажностями находят инверсионные длины зондов, соответственно  $L_1$  и  $L_2$ , при которых наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а зольность угля определяют по интенсивности наведенного гамма-излучения радионуклида  $Al^{28}$  совместно с величиной отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных инверсионных длинах  $L_1$  и  $L_2$ .

Предлагаемый нейтронный способ анализа апробирован на углях, в которых зольность варьировала в пределах 15-41%, а влажность в пределах 2-9%. Наведенное гамма-излучение радионуклида  $Al^{28}$  с энергией 1,78 МэВ измерялось гамма-спектрометром на основе сцинтилляционного детектора NaJ (Tl) размером 70x70 мм.

Уголь крупностью 0-100 мм размещался в цилиндрической кювете диаметром 80 см и высотой 80 см.

В центре по оси кюветы располагался зонд, содержащий Po-Be источник быстрых нейтронов и детектор тепловых нейтронов. Между ними защитный экран, исключая попадание прямого излучения от источника. Геометрия измерения обеспечивает отсутствие краевых эффектов с учетом глубинности нейтронно-активационного способа. Время активации выбрано 10 минут. Время охлаждения – 10 секунд. Время измерения наведенной активности – 5 минут. Интенсивность тепловых нейтронов измерялась в процессе нейтронной активации – 10 минут. На анализируемом угле в процессе нейтронной активации измерялась интенсивность тепловых нейтронов при найденных инверсионных длинах зонда  $L_1=7$  и  $L_2=48$  см. После паузы – 10 секунд измерялась интенсивность наведенного гамма-излучения радионуклида  $Al^{28}$  с энергией 1,78 МэВ в течение 5 минут, а зольность угля определяли по интенсивности радионуклида  $Al^{28}$  совместно с величиной отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных инверсионных длинах зонда  $L_1$  и  $L_2$ .

В таблице представлены сопоставительные данные о погрешности определения зольности угля предлагаемым способом и способом-прототипом.

| Способ | Интервал зольности, % | Интервал влажности, % | Погрешность определения зольности |        |
|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------|
|        |                       |                       | % абс.                            | % отн. |

|              |       |     |      |     |
|--------------|-------|-----|------|-----|
| Прототип     | 15-41 | 2-9 | 1,96 | 7,0 |
| Предлагаемый | 15-41 | 2-9 | 1,75 | 6,2 |

Предложенный нейтронный способ в сравнении с известным способом характеризуется повышенной точностью (меньшей погрешностью) определения зольности углей в условиях значительной изменчивости влажности и зольности, что существенно расширяет сферу применения способа.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

### НЕЙТРОННЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УГЛЯ

Нейтронный способ оценки качества угля, заключающийся в его облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации наведенного гамма-излучения, возникающего при распаде радионуклида  $Al^{28}$  и тепловых нейтронов отличающийся тем, что в процессе нейтронной активации дополнительно на стандартных образцах углей с минимальной и максимальной влажностями находят инверсионные длины зондов, соответственно  $L_1$  и  $L_2$ , при которых наблюдается максимальная интенсивность тепловых нейтронов, а зольность угля определяют по интенсивности наведенного гамма-излучения радионуклида  $Al^{28}$  совместно с величиной отношения интенсивностей тепловых нейтронов, измеренных при найденных инверсионных длинах  $L_1$  и  $L_2$ .

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

Номер евразийской заявки:

**202192589**

**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

G01N 23/09 (2018.01)

G01V 5/10 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

B03B 13/00-13/06, G01N 23/00-25/00

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)  
Espacenet, ЕАПАТИС, EPOQUE Net, Reaxys, Google

**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

| Категория* | Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей                                                                    | Относится к пункту № |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| A          | SU 531466 A1 (МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ) 30.10.1979                                                                            | 1                    |
| A          | SU 984491 A1 (КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ОБОГАЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ) 30.12.1982 | 1                    |
| A          | SU 852185 A3 (АУСТРЭЛИАН АТОМИК ЭНЕРДЖИ КОММИШН) 30.07.1981                                                                              | 1                    |
| A          | GB 2100421 A (AUSTRALIAN ATOMIC ENERGY COMMISSION) 22.12.1982                                                                            | 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

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

"Р" - 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

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

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

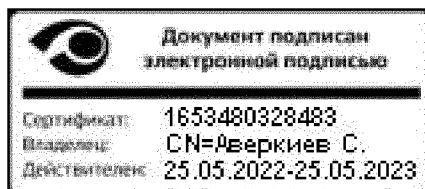
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: 30 мая 2022 (30.05.2022)

Уполномоченное лицо:

Начальник Управления экспертизы



С.Е. Аверкиев