

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044929**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.12

(21) Номер заявки
202390565

(22) Дата подачи заявки
2023.02.22

(51) Int. Cl. **G01N 23/22** (2018.01)
G01N 23/2208 (2018.01)
G01V 5/00 (2006.01)

(54) ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

(43) **2023.10.10**

(96) **KZ2023/005 (KZ) 2023.02.22**

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

(72) Изобретатель:
**Пак Юрий, Исмаилов Хандаш Калби
оглы, Абаева Нелла Фуатовна, Журов
Виталий Владимирович, Кажикенова
Сауле Шарапатовна, Шаихова
Гульназира Сериковна, Пак Дмитрий
Юрьевич, Тебаева Анар Юлаевна
(KZ)**

(56) EA-A2-201892451
RU-C1-2523770
RU-C1-2559309
GB-A-2244330
GB-A-2276237
US-A1-2001014134

(57) Изобретение относится к области контроля качества твердых горючих ископаемых ядерно-физическими способами. Задачей изобретения является повышение чувствительности определения выхода летучих веществ. Инструментальный способ определения выхода летучих веществ в твердом топливе, основанный на его облучении быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6,1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4,43 МэВ, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ) устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6,1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6,1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$ в области энергии 6,1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4,43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4,43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4,43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_O и ядрами углерода N_C . Технический результат изобретения состоит в повышении чувствительности способа и расширении сферы применения за счет дополнительного измерения на стандартных образцах топлива интенсивностей ГИНР ядрами кислорода N_O и углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$ и $\Delta E(C)$ и определении выхода летучих веществ по измеренным интенсивностям N_O и N_C .

B1**044929****044929****B1**

Изобретение относится к области контроля качества твердых горючих ископаемых ядерно-физическими способами и может быть использовано для определения выхода летучих веществ в процессе добычи и переработки в угледобывающей, углехимической и топливно-энергетической отраслях промышленности.

Выход летучих веществ (ВЛВ) в твердом топливе является одним из важнейших качественных и классификационных параметров углей, влияющих на теплоту сгорания и спекаемость топлива.

Выход летучих веществ в твердом горючем ископаемом является сложной функцией, зависящей от многих факторов: степени метаморфизма, содержания углерода, кислорода и минеральных примесей (зольность).

Известен способ определения выхода летучих веществ в углях, заключающийся в облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ (Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. М. Недра, 1985. 224 с). Недостатком известного способа является слабая информативность и низкая чувствительность, обусловленные тем, что выход летучих веществ оценивается лишь по данным о содержании углерода.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ, основанный на облучении твердого горючего ископаемого потоком быстрых нейтронов и регистрации ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ (Патент Республики Казахстан № 35043. Способ определения выхода летучих веществ в твердом горючем ископаемом. 30.04.2021. Авторы Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Нугужинов Ж.С. и др.).

Известный способ характеризуется большей информативностью, так как учитывает роль и кислорода, влияющего на выход летучих веществ. Более того, в этом способе оптимизирован выбор ширины энергетического окна АЕ в области ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ с точки зрения максимальной контрастности интенсивности ГИНР при изменении концентрации углерода в твердом топливе.

Однако неоднозначное влияние углерода и кислорода, находящихся и в органической и минеральной массе твердого топлива, на величину выхода летучих веществ, снижают чувствительность способа и ограничивают сферу его применения.

Задачей изобретения является повышение чувствительности определения выхода летучих веществ в условиях его изменчивости и переменного вещественного состава горючего ископаемого.

Технический результат изобретения состоит в повышении чувствительности определения выхода летучих веществ и расширении сферы применения способа.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения твердого топлива быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ, дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ): устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, в области энергии 6.1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_O и ядрами углерода N_C .

Идея предлагаемого способа заключается в оптимизации инструментальных сигналов от углерода и кислорода, сложным образом влияющих на выход летучих веществ.

При неупругом рассеянии быстрых нейтронов (14МэВ) на ядрах кислорода возникает мгновенное гамма-излучение с энергией 6.1 МэВ. Интенсивность этого гамма-излучения зависит от содержания кислорода, находящегося в органической массе топлива и в минеральной массе в виде оксидов Al, Si, Ca, Fe и карбонатов $CaCO_3$, $FeCO_3$ и др. Четкой взаимосвязи между содержанием кислорода, зольностью топлива и выходом летучих веществ не существует.

В такой ситуации на стандартных образцах твердого топлива с известными ВЛВ устанавливают зависимости интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от ВЛВ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят оптимальную ширину интервала $\Delta E(O)$, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ. Измеренная интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$ будет максимально чувствительна к выходу летучих веществ.

Учитывая, что между содержанием углерода в твердом топливе и ВЛВ нет четкой однозначной свя-

зи, устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ. Измеренная интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$ будет максимально чувствительна к выходу летучих веществ.

В итоге интенсивности ГИНР быстрых нейтронов N_O , N_C , измеренные при найденных оптимальных с точки зрения максимальной дифференциации к изменению ВЛВ ширине энергетических интервалов $\Delta E(O)$ и $\Delta E(C)$, будут более чувствительны к выходу летучих веществ.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ) устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, в области энергии 6.1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_O и ядрами углерода N_C .

Способ реализуется следующим образом. Исследуемое твердое топливо размещается в цилиндрической кювете с кольцевым зазором. В качестве источника быстрых нейтронов использован генератор нейтронов, испускающий нейтроны с энергией 14 МэВ мощностью 6×10^7 н/с. Сцинтилляционный детектор окружен кожухом, содержащим бор. Спектральное распределение ГИНР измерялось многоканальным анализатором импульсов АИ-1024.

На стандартных образцах топлива с известными величинами выхода летучих веществ устанавливают зависимости интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от ВЛВ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР ядрами кислорода при изменении ВЛВ. Найденная оптимальная ширина энергетического интервала в области 6.1 МэВ $\Delta E(O)$ составила (5.12-3.63) МэВ. Аналогичным образом найденная оптимальная ширина энергетического интервала в области 4.43 МэВ $\Delta E(C)$ составила (3.82-4.61) МэВ. Выход летучих веществ определяли по измеренным интенсивностям ГИНР N_O и N_C при найденном $\Delta E(O)=5.12-6.36$ МэВ и $\Delta E(C)=3.82-4.61$ МэВ.

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

| Способ | Выход летучих веществ, % | Чувствительность, Проц./выход летучих веществ, % |
|--------------|--------------------------|--|
| | Зольность, % | |
| Предлагаемый | 21.4 – 43.3 | 7.48 |
| | 24.1 – 40.6 | |
| Прототип | 21.4 – 43.3 | 6.06 |
| | 24.1 – 40.6 | |

Предлагаемый инструментальный способ определения выхода летучих веществ в твердом топливе в сравнении со способом-прототипом выгодно отличается повышенной чувствительностью к выходу летучих веществ в условиях его изменчивости и переменного вещественного состава, что существенно расширяет сферу его применения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Инструментальный способ определения выхода летучих веществ в твердом топливе, основанный на его облучении быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6,1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4,43 МэВ, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ) устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6,1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6,1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$ в области энергии 6,1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода

с энергией 4,43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4,43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4,43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_O и ядрами углерода N_C .

