

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039075**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.11.30

(21) Номер заявки
202092312

(22) Дата подачи заявки
2020.09.30

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

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

(43) **2021.11.25**

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

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

(56) **KZ-A4-24014**
WO-A1-2016007265
US-A-4152596
US-A-4090074

(72) Изобретатель:
Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,
Тутанов 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. Предложен 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 ΔE_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 ΔE_i . Технический результат изобретения состоит в повышении точности и расширении сферы применения за счет нахождения ширины энергетического интервала ΔE_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 ΔE_i .

B1

039075

039075

B1

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 ~ 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 ~ 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 нейтронного-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 ΔE в области аналитической линии железа (7,64 МэВ), находят ширину энергетического интервала ΔE_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 ΔE_i .

В нейтронном-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 ΔE_i в области аналитической линии Fe, при которой наблюдается максимальная контрастность интенсивности захватного гамма-излучения к изме-

нению концентрации железа. Интенсивность захватного гамма-излучения, измеренная при найденной ширине энергетического интервала ΔE_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 ΔE в области аналитической линии железа, находят ширину энергетического интервала ΔE_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 ΔE_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 ~10⁸ н/с.

Нейтронное гамма-излучение регистрировалось гамма-спектрометром на основе сцинтилляционно-детектора NaJ(Tl) и многоканального амплитудного анализатора АИ-1024. Оптимальная ширина энергетического интервала ΔE_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, %		Среднеквадратическая погрешность, % отн.
	зольности	железа в золе	
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, заключающийся в облучении угля потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения радиационного захвата тепловых нейтронов ядрами золотообразующих элементов с энергией выше ~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 ΔE в области аналитической линии железа (7,64 МэВ), находят ширину энергетического интервала ΔE_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 ΔE_i .



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2