

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202293131** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки
2023.08.28

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

(22) Дата подачи заявки
2022.11.04

(54) **ЯДЕРНО-РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ**

(96) **KZ2022/060 (KZ) 2022.11.04**

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:
**КОПОБАЕВА АЙМАН
НЫГМЕТОВНА; ПАК ЮРИЙ (KZ)**

**Копобаева Айман Ныгметовна, Пак
Юрий, Амангельдыкызы Алтынай,
Аскарова Назым Сражадинкызы,
Блялова Гулим, Пак Дмитрий
Юрьевич (KZ)**

(57) Изобретение относится к физическим способам анализа углей. Ядерно-радиометрический способ контроля качества угля, основанный на измерении интегральной интенсивности естественного гамма-излучения угля, интенсивностей естественного гамма-излучения урана-238, тория-232 и калия-40, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах угля с известной концентрацией тория-232 измеряют спектрально-энергетическое распределение гамма-излучения, находят ширину энергетического интервала ΔE_i в области гамма-линии тория 2,62 МэВ, при которой величина отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i , к интенсивности гамма-излучения урана $N(\text{U})$ с энергией 2,2 МэВ, достигает максимальной контрастности к концентрации тория в угле, а зольность угля определяют по интегральной интенсивности естественного гамма-излучения угля, интенсивностям гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ, гамма-излучения тория с энергией 2,62 МэВ, гамма-излучения калия с энергией 1,46 МэВ совместно с величиной отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i к интенсивности гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ. Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения способа за счет дополнительного измерения величины отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i , к интенсивности гамма-излучения урана $N(\text{U})$.

A1

202293131

202293131

A1

ЯДЕРНО-РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ

Изобретение относится к физическим способам анализа углей. Оно может быть использовано для контроля зольности угля в процессе его добычи, складирования и переработки в горнодобывающей и энергетической отраслях промышленности.

Известен радиометрический способ контроля зольности углей, основанный на измерении интенсивности естественного гамма-излучения, испускаемого природными радиоактивными элементами, находящимися в составе углей (Гречухин В.В. Геофизические методы исследования угольных скважин. М. Недра, 1970, с.552.). Естественная радиоактивность ископаемых углей в основном обусловлена тяжелыми радиоактивными элементами уран-238, торий-232 и калий-40. Распространенность этих природных радионуклидов в различных минералах и горных породах существенно меняется (Ерофеев Л.Я., Вахромеев Г.С., Зинченко В.С. и др. Физика горных пород. Изд-во Томского политехнического института, 2011, с. 520). При этом естественная радиоактивность углей различных месторождений может быть обусловлена различными радионуклидами. Например, радиоактивность углей Печорского бассейна в основном определяется наличием глинистых фракций, преимущественно содержащих радионуклид K^{40} . В Экибастузских углях (Казахстан) среднее содержание урана колеблется в интервале 1,1-1,4 г/т, а тория – 3,1-4,5 г/т.

Интегрированные данные о концентрации основных радионуклидов в углях таковы: уран-238 – 9-31 Бк/Кг; торий-232 – 9-19 Бк/кг; калий-40 – 26-130 Бк/кг. В пределах каждого угольного месторождения в зависимости от возраста угля, степени метаморфизма и других факторов удельная радиоактивность каждого радионуклида может меняться. Поэтому естественная радиоактивность углей (интегральная интенсивность естественного гамма-излучения, испускаемого при распаде радионуклидов будет зависеть от их концентрации в минеральной (золообразующей) массе угля. Отсюда однозначная связь между естественной радиоактивностью угля и его зольностью может быть при постоянном содержании радионуклидов в минеральной массе угля, либо при наличии определенной закономерности изменения их концентрации в зависимости от зольности угля.

В реальной практике эти условия не выполняются, что ухудшает однозначность принятой связи и повышает погрешность определения зольности по интегральной интенсивности, которая достигает 5-7% абс. (Филиппов Е.М. Ядерная разведка полезных ископаемых. Справочник. Киев. Наукова Думка, 1978, с. 588).

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ определения зольности, основанный на измерении

интегральной интенсивности естественного гамма-излучения угля совместно с интенсивностями гамма-излучения урана-238 с энергией 2,2 МэВ, гамма-излучения тория-232 с энергией 2,62 МэВ, гамма-излучения калия-40 с энергией 1,46 МэВ (Патент Республики Казахстан №34846. 2021г. Авторы: Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Ибатов М.К. и др).

Недостатком известного способа является невысокая чувствительность анализа высокозольных углей в условиях изменчивости компонентного состава минеральной части углей.

Задачей изобретения является повышение чувствительности определения зольности угля в большом диапазоне изменения зольности и компонентного состава минеральной части.

Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения способа.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе измерения интегральной интенсивности естественного гамма-излучения с энергией выше 350 кэВ, интенсивностей гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ, тория с энергией 2,62 МэВ, калия с энергией 1,46 МэВ дополнительно на стандартных образцах угля с известной концентрацией тория-232 измеряют спектрально-энергетическое распределение гамма-излучения, находят ширину энергетического интервала ΔE_i в области гамма-линии тория 2,62 МэВ, при которой величина отношения интенсивностей гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i , к интенсивности гамма-излучения урана $N(\text{U})$ с энергией 2,2 МэВ достигает максимальной контрастности к концентрации тория в угле, а зольность угля определяют по интегральной интенсивности естественного гамма-излучения угля, интенсивностям гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ, гамма-излучения тория с энергией 2,62 МэВ, гамма-излучения калия с энергией 1,46 МэВ совместно с величиной отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i к интенсивности гамма-излучения урана $N(\text{U})$ с энергией 2,2 МэВ.

В целом минеральная (золообразующая) составляющая угля представляет сложную смесь различных минеральных примесей и горных пород: песчаники, глинистые минералы, известняки, доломиты, соленосные включения.

Как правило, органическая масса углей, кремнистые и карбонатные минеральные включения характеризуются низкой естественной радиоактивностью. Песчанистые и глинистые породы отмечаются повышенной естественной радиоактивностью.

В разных углях естественная радиоактивность обуславливается различными природными радионуклидами (U^{238} , Th^{232} , K^{40}). Концентрации этих радионуклидов в разных углях меняются, как правило, вне зависимости от зольности угля и компонентного состава его минеральной массы.

Радионуклид K^{40} в основном содержится в глинистых включениях, входящих в минеральную (золообразующую) часть. Его удельная радиоактивность связана с минеральной массой угля.

Распределение тория и урана в углях весьма неравномерно и определяется совокупным влиянием неоднородностью компонентного состава, различием условий их накопления и степенью угольного метаморфизма.

U^{238} и Th^{232} в зависимости от геохимических особенностей могут находиться в углях в разной форме. Возможна их миграция из органической составляющей в минеральную. В зоне окисления горных пород наблюдается концентрирование урана. Торий присутствует чаще всего в виде минеральных примесей в рассеянной форме.

Анализ компонентного состава золообразующей массы углей на примере Экибастузского и Карагандинского месторождений показал, что в целом имеет место обратная зависимость между суммой тяжелых золообразующих компонентов (соединения Fe, Ca) и суммой легких (соединения Al, Si, Mg). В этих соединениях преимущественно содержатся радионуклиды тория-232, калия-40 и в меньшей степени урана-238. Причем установлено, что отношения концентраций тория и урана (Th/U) в углях меняется в пределах от 3,7 (песчано-глинистые минералы) до 1,0 (соленосные минералы).

Отношение (Th/U) – важный геохимический индикатор миграции радионуклидов в структуре углей. Он позволяет учесть изменчивость компонентного состава минеральной массы угля, связанной с зольностью. Для повышения чувствительности на стандартных образцах угля с известной концентрацией тория находят оптимальную ширину энергетического интервала ΔE_i в области линии тория 2,62 МэВ, при которой величина отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(Th)$, измеренной при найденной ΔE_i , к интенсивности гамма-излучения урана $N(U)$ с энергией 2,2 МэВ достигает максимальной контрастности к концентрации тория.

Это позволяет повысить однозначность результатов определения зольности с учетом величины отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(Th)$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i к интенсивности гамма-излучения урана $N(U)$ с энергией 2,2 МэВ.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах угля с известной концентрацией тория-232 измеряют спектрально-энергетическое распределение гамма-излучения, находят ширину энергетического интервала ΔE_i в области гамма-линии тория 2,62 МэВ, при которой величина отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(Th)$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i , к интенсивности гамма-излучения урана $N(U)$ с энергией 2,2 МэВ, достигает максимальной контрастности к концентрации тория в угле, а зольность угля определяют по интегральной интенсивности естественного гамма-излучения угля, интенсивностям гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ, гамма-излучения тория с энергией 2,62 МэВ, гамма-

излучения калия с энергией 1,46 МэВ совместно с величиной отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i к интенсивности гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ.

Предлагаемый ядерно-радиометрический способ контроля качества апробирован на углях Экибастузского и Карагандинского месторождений. Зольность варьировала в диапазоне 14-47%. Уголь крупностью до 150 мм размещался в цилиндрической кювете диаметром и высотой 80 см. Сцинтилляционный детектор располагался по оси кюветы на глубине 40 см. Геометрия измерений и выбранные размеры измерительной кюветы обеспечили максимальную эффективность регистрации естественного гамма-излучения радионуклидов Th^{232} , U^{238} и K^{40} . Энергетическое распределение естественного гамма-излучения углей измерялось многоканальным спектрометром АИ-1024. Оптимальная ширина энергетического интервала ΔE_i в области линии тория 2,62 МэВ, найденная с точки зрения максимальной контрастности величины отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ΔE_i , к интенсивности гамма-излучения урана $N(\text{U})$, составила 2,4-3,0 МэВ.

В процессе испытаний способа было проанализировано 26 проб, в которых зольность менялась в интервале 14-47% на каждой анализируемой пробе угля измерялась интегральная интенсивность естественного гамма-излучения с энергией выше 350 кэВ, интенсивности гамма-излучений урана-238, тория-232 и калия-40, а зольность угля определялась по совокупности измеренных интенсивностей совместно с величиной отношения $N(\text{Th}) / N(\text{U})$.

Сопоставительные данные о метрологических характеристиках предлагаемого способа и известного (прототипа) представлены в таблице.

Способ	Интервал зольности, %	Чувствительность, проц. / % абс.	Погрешность, % абс.
Прототип	14-47	1,43	3,1
Предлагаемый	14-47	1,82	2,7

Предлагаемый ядерно-радиометрический способ контроля качества угля в сравнении с известным способом-прототипом характеризуется повышенной чувствительностью к зольности в большом диапазоне ее изменения и меньшей погрешностью, что существенно расширяет сферу применения способа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

ЯДЕРНО-РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ

Ядерно-радиометрический способ контроля качества угля, основанный на измерении интегральной интенсивности естественного гамма-излучения угля, интенсивностей естественного гамма-излучения урана-238, тория-232 и калия-40, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах угля с известной концентрацией тория-232 измеряют спектрально-энергетическое распределение гамма-излучения, находят ширину энергетического интервала ΔE_i в области гамма-линии тория 2,62 МэВ, при которой величина отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i , к интенсивности гамма-излучения урана $N(\text{U})$ с энергией 2,2 МэВ, достигает максимальной контрастности к концентрации тория в угле, а зольность угля определяют по интегральной интенсивности естественного гамма-излучения угля, интенсивностям гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ, гамма-излучения тория с энергией 2,62 МэВ, гамма-излучения калия с энергией 1,46 МэВ совместно с величиной отношения интенсивности гамма-излучения тория $N(\text{Th})$, измеренной при найденной ширине энергетического интервала ΔE_i к интенсивности гамма-излучения урана с энергией 2,2 МэВ.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

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

Номер евразийской заявки:

202293131**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

G01N 23/22 (2018.01)

G01V 5/00 (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@scenet, PatSearch, ЕАПАТИС, Google Patents, PATENTSCOPE**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A, D	KZ 34846 В (ПАК Ю. Н. и др.), 15.01.2021, реферат	1
A	KZ 33898 В (ПАК Ю. Н. и др.), 13.09.2019, реферат	1
A	SU 1803899 А1 (ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА, ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ АН УССР), 23.03.1993, реферат	1
A	US 4118623 А (CONTINENTAL OIL CO), 03.10.1978, реферат	1
A	RU 2158943 С2 (КАЗАНСКАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ, АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ОТКРЫТОГО ТИПА НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН), 10.11.2000, 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

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **21/03/2023**

Уполномоченное лицо:

Начальник отдела механики,
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов