

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391998** (13) **A1**

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

(43) Дата публикации заявки
2024.02.26

(51) Int. Cl. *G01T 1/16* (2006.01)
G01N 23/00 (2006.01)
G01V 5/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.07.31

(54) **РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ПРИРОДНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЯХ**

(96) **KZ2023/055 (KZ) 2023.07.31**

(71) Заявитель:
ПАК ЮРИЙ (KZ)

(72) Изобретатель:

**Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,
Тутанов Серикпай Куспанович,
Пономарева Марина Викторовна,
Пономарева Екатерина Вадимовна,
Тебаева Анар Юлаевна, Матонин
Владимир Викторович (KZ)**

(57) Изобретение относится к физическим способам анализа углей. Радиометрический способ оценки содержания природных радиоактивных элементов в углях, основанный на измерении естественного гамма-излучения, испускаемого природными радиоактивными элементами, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах углей с известными содержаниями урана, тория и калия-40 измеряют энергетическое распределение естественного гамма-излучения: в энергетической области калия-40 (~1,46 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(K)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации K-40; в энергетической области урана-238 (~1,76 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(U)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации U-238; в энергетической области тория-232 (~2,62 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(Th)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации Th-232, в найденных энергетических интервалах $\Delta E(K)$, $\Delta E(U)$, $\Delta E(Th)$ измеряют соответственно интенсивности естественного гамма-излучения калия $N_1(K)$, урана $N_2(U)$, тория $N_3(Th)$, а содержание калия-40, урана-238, тория-232 определяют по измеренным в найденных энергетических интервалах интенсивностям $N_1(K)$, $N_2(U)$, $N_3(Th)$ с учетом коэффициентов вкладов, характеризующих интенсивность гамма-излучения от единичных концентраций K, U, Th в соответствующих энергетических интервалах. Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения способа за счет дополнительного измерения интенсивности гамма-излучения в определенных энергетических интервалах ΔE , найденных с точки зрения обеспечения максимальной чувствительности интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации определяемых радионуклидов.

A1

202391998

202391998

A1

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ПРИРОДНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЯХ

Изобретение относится к физическим способам анализа углей. Оно может быть использовано в процессе разведки, добычи и переработки в горногеологической и энергетической отраслях промышленности.

Известен радиометрический способ исследования углей, основанный на измерении естественного гамма-излучения, испускаемого природными радиоактивными элементами, находящимися в составе углей (Филиппов Е.М. Ядерная разведка полезных ископаемых. Справочник. Киев. Наукова Думка, 1978, с. 588). Естественная радиоактивность ископаемых углей в основном обусловлена тяжелыми радиоактивными элементами уран-238, торий-232 и калий-40.

Распространённость 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. Интегрированные данные о содержании основных радионуклидов (интегральная интенсивность естественного гамма-излучения) зависят от многих факторов (удельная активность радионуклида, зольность углей, степень метаморфизма, возраст и др.) Поэтому интегральный гамма-способ дает лишь качественную информацию о наличии и содержании радионуклидов в углях.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ, основанный на спектрометрии естественного гамма-излучения, испускаемого природными радионуклидами: уран-238, торий-232, калий-40 (Шашкин В.Л., Пруткина М.П. Справочник по радиометрической разведке и радиометрическому анализу. М. Атомиздат, 1975, с. 248). Указанные естественные радиоактивные элементы испускают гамма-излучение определенных энергий: U-238 (~1,76 МэВ), Th-232 (~2,62 МэВ), K-40 (~1,46 МэВ). Для урана и тория указаны наиболее интенсивные гамма-линии. Измеряя интенсивность гамма-излучения указанных энергий можно оценивать содержание отдельных радионуклидов в угле.

Недостатком известного способа является сравнительно низкая чувствительность анализа в условиях изменчивости содержания радионуклидов

и компонентного состава углей. Это объясняется выбором не оптимальных параметров, в частности энергетических интервалов, выбираемых с точки зрения наибольшей интенсивности гамма-излучения определяемых элементов.

Задачей изобретения является повышение чувствительности определения содержания радиоактивных элементов в широком диапазоне изменения зольности и компонентного состава.

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

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе измерения интенсивности естественного гамма-излучения урана, тория и калия-40 дополнительно на стандартных образцах углей с известными содержаниями урана, тория и калия-40 измеряют энергетическое распределение естественного гамма-излучения: в энергетической области калия-40 (~1,46 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(K)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации К-40; в энергетической области урана-238 (~1,76 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(U)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации U-238; в энергетической области тория-232 (~2,62 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(Th)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации Th-232, в найденных энергетических интервалах $\Delta E(K)$, $\Delta E(U)$, $\Delta E(Th)$ измеряют соответственно интенсивности естественного гамма-излучения калия $N_1(K)$, урана $N_2(U)$, тория $N_3(Th)$, а содержание калия-40, урана-238, тория-232 определяют по измеренным в найденных энергетических интервалах интенсивностям $N_1(K)$, $N_2(U)$, $N_3(Th)$ с учетом коэффициентов вкладов, характеризующих интенсивность гамма-излучения от единичных концентраций К, U, Th в соответствующих энергетических интервалах.

Энергетическое распределение естественного гамма-излучения урана, тория и калия-40 представляет собой сложный спектр, включающий множество гамма-линий урана и тория. Имеет место наложение отдельных гамма-линий урана и тория. Ввиду сложности аппаратурной функции гамма-спектрометров наиболее характерные гамма-линии располагаются на фоне непрерывного комптоновского распределения более высокоэнергетического гамма-излучения тория (~2,62 МэВ). Все это актуализирует научно-обоснованный подход к выбору оптимального энергетического интервала (ΔE) в области характерных гамма-линий урана, тория и калия.

На стандартных образцах угля с известными содержаниями урана, тория и калия-40 измеряют энергетическое распределение естественного гамма-

излучения и находят: энергетический интервал $\Delta E(K)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации K-40, энергетический интервал $\Delta E(U)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации U-238, энергетический интервал $\Delta E(Th)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации Th-232.

Такой подход к выбору оптимальных энергетических интервалов позволяет существенно повысить чувствительность анализа.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах углей с известными содержаниями урана, тория и калия-40 измеряют энергетическое распределение естественного гамма-излучения: в энергетической области калия-40 (~1,46 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(K)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации K-40; в энергетической области урана-238 (~1,76 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(U)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации U-238; в энергетической области тория-232 (~2,62 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(Th)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации Th-232, в найденных энергетических интервалах $\Delta E(K)$, $\Delta E(U)$, $\Delta E(Th)$ измеряют соответственно интенсивности естественного гамма-излучения калия $N_1(K)$, урана $N_2(U)$, тория $N_3(Th)$, а содержание калия-40, урана-238, тория-232 определяют по измеренным в найденных энергетических интервалах интенсивностям $N_1(K)$, $N_2(U)$, $N_3(Th)$ с учетом коэффициентов вкладов, характеризующих интенсивность гамма-излучения от единичных концентраций K, U, Th в соответствующих энергетических интервалах.

Предлагаемый способ оценки содержания природных радиоактивных элементов апробирован на углях Экибастузского и Карагандинского месторождений. Зольность углей варьировала в интервале 18-47%. Анализируемые пробы угля крупностью до 100 мм размещались в цилиндрической кювете диаметром и высотой 80 см. Детектор располагался по оси кюветы на глубине 40 см. Геометрия измерений и выбранные размеры измерительной кюветы обеспечивали максимальную эффективность регистрации естественного гамма-излучения радионуклидов Th-232, U-238 и K-40.

Энергетическое распределение естественного гамма-излучения измерялось многоканальным спектрометром АИ-1024.

Оптимальные энергетические интервалы $\Delta E(K)$, $\Delta E(U)$, $\Delta E(Th)$, найденные с точки зрения максимальной чувствительности, составили: $\Delta E(K)=1,21-1,66$ МэВ, $\Delta E(U)=1,56-2,11$ МэВ, $\Delta E(Th)=2,32-2,96$ МэВ.

В процессе испытаний проанализировано 18 проб углей, в которых зольность менялась в диапазоне 18-47%. На каждой пробе измерялись интенсивности гамма-излучения в найденных энергетических интервалах $\Delta E(K)$, $\Delta E(U)$ и $\Delta E(Th)$, содержание радиоактивных элементов определяли по измеренным интенсивностям $N_1(K)$, $N_2(U)$ и $N_3(Th)$ с учетом коэффициентов вкладов от единичных концентраций K, U, Th.

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

Способ	Диапазон изменения зольности, %	Относительная чувствительность проц. / Бк/кг
Прототип	18-47	3,7
Предлагаемый	18-47	5,8

Предлагаемый радиометрический способ оценки содержания природных радиоактивных элементов в угле в сравнении с известным способом обладает повышенной чувствительностью определения естественных радионуклидов в широком диапазоне изменения зольности, что расширяет сферу применения способа.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19678770).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ПРИРОДНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЯХ

Радиометрический способ оценки содержания природных радиоактивных элементов в углях, основанный на измерении естественного гамма-излучения, испускаемого природными радиоактивными элементами, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах углей с известными содержаниями урана, тория и калия-40 измеряют энергетическое распределение естественного гамма-излучения: в энергетической области калия-40 (~1,46 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(K)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации К-40; в энергетической области урана-238 (~1,76 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(U)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации U-238; в энергетической области тория-232 (~2,62 МэВ) находят энергетический интервал $\Delta E(Th)$, при котором обеспечивается максимальная чувствительность интенсивности гамма-излучения при изменении концентрации Th-232, в найденных энергетических интервалах $\Delta E(K)$, $\Delta E(U)$, $\Delta E(Th)$ измеряют соответственно интенсивности естественного гамма-излучения калия $N_1(K)$, урана $N_2(U)$, тория $N_3(Th)$, а содержание калия-40, урана-238, тория-232 определяют по измеренным в найденных энергетических интервалах интенсивностям $N_1(K)$, $N_2(U)$, $N_3(Th)$ с учетом коэффициентов вкладов, характеризующих интенсивность гамма-излучения от единичных концентраций К, U, Th в соответствующих энергетических интервалах.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

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

Номер евразийской заявки:

202391998**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

МПК:

G01T 1/16 (2006.01)**G01N 23/00 (2006.01)****G01V 5/00 (2006.01)**

СПК:

G01T 1/16**G01N 23/00****G01V 5/00****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 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: **11/12/2023**

Уполномоченное лицо:

Начальник отдела механики,
физики и электротехники


Д.Ф. Крылов