

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 044767

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2023.09.28

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

(21) Номер заявки  
202390163

(22) Дата подачи заявки  
2022.12.29

---

(54) ГАММА-АЛЬБЕДНЫЙ СПОСОБ АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

---

(43) 2023.09.26

(96) KZ2022/078 (KZ) 2022.12.29

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

(72) Изобретатель:  
Пак Юрий, Касымканова Хайни-  
Камаль Михайловна, Жангулова  
Гульнар Кабатаевна, Кропачев Пётр  
Александрович, Тутанов Серикпай  
Куспанович, Досетова Гульнара  
Жолдасовна, Пак Дмитрий Юрьевич,  
Тебаева Анар Юлаевна (KZ)

(56) KZ-A4-24917  
EA-A1-201900088  
EA-A1-202091427  
KZ-B-34984  
RU-C1-2040020  
US-A-4931638  
WO-A1-2016007265

(57) Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа вещества. Оно может быть использовано для оценки качества различных сырьевых материалов. Задачей изобретения является повышение чувствительности анализа и расширение сферы его применения. Гамма-альбедный способ анализа минерального сырья, заключающийся в его облучении гамма-излучением и регистрации рассеянного на малые углы гамма-излучения, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах минерального сырья с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента измеряют спектрально-энергетическое распределение рассеянного на малые углы гамма-излучения при различной длине зонда, находят значения критических энергий  $E_{\min}$ ,  $E_{\max}$ , соответствующих максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, находят длину зонда, при которой наблюдается максимальное смещение критических энергий  $E_{\min}$  и  $E_{\max}$  для образцов с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента, выбирают энергетический интервал  $\Delta E_i$  в области  $E_{\min}$  и  $E_{\max}$ , при котором достигается максимальная контрастность интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения от образцов с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента, на анализируемом сырье находят значение критической энергии  $E_i$ , а концентрацию элемента определяют по интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения, измеренной при найденной длине зонда и выбранном энергетическом интервале  $\Delta E_i$  совместно с найденным значением критической энергии  $E_i$ .

B1

044767

044767  
B1

Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа сложных веществ. Оно может быть использовано для экспрессного анализа сырьевых и промышленных материалов в геолого-геофизической, горнодобывающей и металлургической отраслях промышленности.

Широко известен гамма-альбедный способ контроля качества твердого топлива, основанный на рассеянии гамма-излучения (Старчик Л.П., Пак Ю.Н., Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. М., Недра, 1985, 224 с.)

Недостатком известного способа является значительная погрешность анализа минерального сырья, обусловленная сравнительно низкой чувствительностью к определяемому элементу.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ, основанный на облучении минерального сырья гамма-излучением и регистрации рассеянного на малые углы гамма-излучения (патент Республики Казахстан №34984, 2021 "Гамма-альбедный способ контроля качества горно-металлургического сырья". Авторы: Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. и др.). Данный способ, известный под названием "Способ рассеяния гамма-излучения вперед", характеризуется самокомпенсацией влияющих факторов путем создания определенных условий для конкурирующих процессов в объекте анализа. Известный способ реализуется в геометрии, когда источник и детектор располагаются по разные стороны от объекта анализа. Детектор экранирован от прямого гамма-излучения источника таким образом, чтобы в него попадало преимущественно рассеянное на малые углы гамма-излучение. Выбором энергетического интервала регистрируемого гамма-излучения, рассеянного на малые углы, удается добиться удовлетворительной чувствительности к определяемому элементу только в ограниченном диапазоне его колебаний.

Недостатком известного способа является невысокая чувствительность анализа минерального сырья в условиях значительных изменений содержания определяемого элемента.

Задачей изобретения является повышение чувствительности анализа минерального сырья и расширение сферы его применения.

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

Поставленная задача решается следующим образом. Интенсивность рассеянного на малые углы (менее  $90^\circ$ ) гамма-излучения находится в сложной зависимости от эффективного атомного номера анализируемого минерального сырья, геометрических и угловых характеристик измерения (длины зонда, угловые параметры, степень коллимации источника и детектора и др.).

Эффективный атомный номер минерального сырья сложного состава (уголь и продукты переработки, железорудное сырье, руды тяжелых металлов и др.) тесно связан с концентрацией тяжелого элемента в анализируемом сырье. Например, эффективный атомный номер углей с зольностью, железорудного сырья с концентрацией железа, баритовой руды с содержанием бария.

При исследовании интегральной интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения чувствительность способа в основном определяется различием определяемого компонента и вмещающей среды в значениях массового коэффициента ослабления первичного гамма-излучения.

Дифференциальное сечение рассеяния гамма-излучения на малые углы характеризуется резкой анизотропией. Оно меняется в зависимости от угла рассеяния в интервале  $15-60^\circ$  приблизительно на 70%. В зависимости от угла рассеяния меняется не только вероятность рассеяния, но и энергетическое распределение рассеянного гамма-излучения.

На основе измерения спектрально-энергетического распределения, рассеянного на малые углы гамма-излучения от стандартного образцового сырья с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента при различной длине зонда, находят значения критических энергий  $E_{\min}$ ,  $E_{\max}$ , соответствующих максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, находят длину зонда, при которой наблюдается максимальное смещение критических энергий, выбирают энергетический интервал  $\Delta E_i$  в области  $E_{\min}$  и  $E_{\max}$ , при котором достигается максимальная контрастность интенсивности.

По интенсивности рассеянного гамма-излучения, измеренной при найденной длине зонда и выбранном энергетическом интервале  $\Delta E_i$  совместно с найденной критической энергией  $E_i$  определяют концентрацию элемента в сырье. Критическая энергия зависит от длины зонда и эффективного атомного номера сырья (концентрации тяжелого элемента). Поэтому учет длины зонда и смещения критической энергии повышают информативность способа и его чувствительность.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах минерального сырья с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента измеряют спектрально-энергетическое распределение рассеянного на малые углы гамма-излучения при различной длине зонда, находят значения критических энергий  $E_{\min}$ ,  $E_{\max}$ , соответствующих максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, находят длину зонда, при которой наблюдается максимальное смещение критических энергий  $E_{\min}$  и  $E_{\max}$  для образцов с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента, выбирают энергетический интервал  $\Delta E_i$  в области  $E_{\min}$  и  $E_{\max}$ , при котором достигается максимальная контрастность интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения от образцов с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента, на анализируемом

сырье находят значение критической энергии  $E_i$ , а концентрацию элемента определяют по интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения, измеренной при найденной длине зонда и выбранном энергетическом интервале  $\Delta E_i$  совместно с найденным значением критической энергии  $E_i$ .

Пример реализации данного способа. В качестве анализируемого минерального сырья выбрана железная руда, содержание железа в которой менялось в диапазоне 19-36%. В качестве источника первичного гамма-излучения выбран радиоизотопный источник кобальт-57 (~120 кэВ). Гамма-спектрометр на основе сцинтилляционного детектора NaJ(Tl) и многоканального анализатора АИ-1024 выбран в качестве измерительно-регистрающей аппаратуры.

На стандартных образцах железорудного сырья с минимальной концентрацией (19%) и максимальной концентрацией (36%) железа исследованы спектры рассеянного на малые углы гамма-излучения. Найденны оптимальные параметры измерений: длина зонда 22 см, максимальное смещение критической энергии  $E_{\max} - E_{\min} = 7$  кэВ, энергетический интервал  $\Delta E_i = 82-96$  кэВ, обеспечивающие максимальную контрастность интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения при изменении концентрации железа в руде. Это обеспечило повышенную чувствительность предлагаемого способа анализа железорудного сырья в большом диапазоне колебаний концентрации железа.

В таблице представлены сопоставительные метрологические характеристики, полученные в процессе экспериментальной апробации предлагаемого способа и способа-прототипа.

Способ	Диапазон содержания железа, %	Чувствительность, проц. / % абс.
Прототип	19-36	2,21
Предлагаемый	19-36	2,87

Предлагаемый гамма-альбедный способ анализа минерального сырья в сравнении со способом-прототипом отличается повышенной чувствительностью к железу в большом интервале его изменения, что расширяет сферу применения способа.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Гамма-альбедный способ анализа минерального сырья, заключающийся в его облучении гамма-излучением и регистрации рассеянного на малые углы гамма-излучения, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах минерального сырья с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента измеряют спектрально-энергетическое распределение рассеянного на малые углы гамма-излучения при различной длине зонда, находят значения критических энергий  $E_{\min}$ ,  $E_{\max}$ , соответствующих максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, находят длину зонда, при которой наблюдается максимальное смещение критических энергий  $E_{\min}$  и  $E_{\max}$  для образцов с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента, выбирают энергетический интервал  $\Delta E_i$  в области  $E_{\min}$  и  $E_{\max}$ , при котором достигается максимальная контрастность интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения от образцов с минимальной и максимальной концентрациями определяемого элемента, на анализируемом сырье находят значение критической энергии  $E_i$ , а концентрацию элемента определяют по интенсивности рассеянного на малые углы гамма-излучения, измеренной при найденной длине зонда и выбранном энергетическом интервале  $\Delta E_i$  совместно с найденным значением критической энергии  $E_i$ .

