

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046032**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.02.01

(51) Int. Cl. **G01N 23/20066** (2018.01)
G01N 23/223 (2006.01)

(21) Номер заявки
202391930

(22) Дата подачи заявки
2023.07.03

(54) **ГАММА-АЛЬБЕДНЫЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО АТОМНОГО
НОМЕРА СЛОЖНОГО ВЕЩЕСТВА**

(43) **2024.01.26**

(56) KZ-B-33972
EA-A1-201900088
RU-C2-2593913
SU-A1-1679318
WO-A2-2002003055
JPH-A-1031100

(96) **KZ2023/047 (KZ) 2023.07.03**

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

(72) Изобретатель:
**Пак Юрий, Пак Дмитрий Юрьевич,
Туганов Серикпай Куспанович,
Булатбаев Феликс Назымович,
Бегимбетова Айнур Серикбаевна,
Кенетаева Айгуль Акановна, Тебаева
Анар Юлаевна, Есендосова Айнель
Нуртасовна (KZ)**

(57) Изобретение относится к ядерно-физическим способам анализа сложных веществ. Задачей изобретения является повышение чувствительности и точности определения эффективного атомного номера в широком диапазоне его изменения. Гамма-альбедный способ контроля эффективного атомного номера сложного вещества, основанный на его облучении гамма-излучением и регистрации рассеянного гамма-излучения, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах вещества с минимальным эффективным атомным номером Z_{\min} и максимальным эффективным атомным номером Z_{\max} измеряют интенсивности рассеянного гамма-излучения N_{\min} и N_{\max} при различной энергии первичного гамма-излучения, находят оптимальную энергию первичного гамма-излучения E_0 , при которой наблюдается максимальная контрастность измеренной интенсивности рассеянного гамма-излучения к величине \bar{Z} , допустимую крупность контролируемого вещества рассчитывают на основе найденной оптимальной энергии E_0 из условия $3 \cdot d_{\max} \lesssim H$; где d_{\max} - максимальный диаметр частиц вещества, H - глубинность метода при найденной энергии E_0 ; контролируемое вещество доводят до допустимой крупности, а эффективный атомный номер сложного вещества с допустимой крупностью определяют по интенсивности рассеянного гамма-излучения при найденной оптимальной энергии первичного гамма-излучения.

B1**046032****046032
B1**

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

Широко известен гамма-альбедный способ контроля, заключающийся в регистрации рассеянного веществом 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 контроля эффективного атомного номера \bar{Z} (содержания тяжелого компонента), обусловленная сравнительно низкой чувствительностью к \bar{Z} (определяемому компоненту) и влиянием дисперсности вещества (крупности).

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ контроля эффективного атомного номера сложных веществ, заключающийся в регистрации рассеянного гамма-излучения в двух энергетических интервалах спектра, включая критические энергии (Патент Республики Казахстан №33972, 2019. "Способ контроля эффективного атомного номера сложных веществ". Авторы: Пак Д.Ю., Пак Ю.Н., Нугужинов Ж.С. и др.).

Недостаток известного способа заключается в невысокой чувствительности к \bar{Z} и значительной погрешности в условиях изменчивости крупности контролируемого вещества.

Задачей изобретения является повышение чувствительности и точности определения \bar{Z} вещества в широком диапазоне его изменения и переменной крупности.

Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения способа.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения сложного вещества гамма-излучением и регистрации рассеянного гамма-излучения дополнительно на стандартных образцах вещества с минимальным эффективным атомным номером Z_{\min} и максимальным эффективным атомным номером Z_{\max} измеряют интенсивности рассеянного гамма-излучения N_{\min} и N_{\max} при различной энергии первичного гамма-излучения, находят оптимальную энергию первичного гамма-излучения E_0 , при которой наблюдается максимальная контрастность измеренной интенсивности рассеянного гамма-излучения к величине \bar{Z} , допустимую крупность контролируемого вещества рассчитывают на основе найденной оптимальной энергии E_0 из условия $3 \cdot d_{\max} \leq H$; где d_{\max} - максимальный диаметр частиц вещества, H - глубинность метода при найденной энергии E_0 ; контролируемое вещество доводят до допустимой крупности, а эффективный атомный номер сложного вещества с допустимой крупностью определяют по интенсивности рассеянного гамма-излучения при найденной оптимальной энергии первичного гамма-излучения.

Исследованиями величины альbedo гамма-излучения от эффективного атомного номера веществ при различной энергии первичного гамма-излучения показано, что основные метрологические характеристики (чувствительность, точность) гамма-альбедного способа являются сложной функцией, зависящей от энергии первичного гамма-излучения, вида вещества, его крупности и диапазона изменения величины \bar{Z} . Относительная чувствительность гамма-альбедного способа к \bar{Z} носит инверсионный характер с максимумом, зависящем от величины \bar{Z} и энергии первичного гамма-излучения. Погрешность за счет неоднородности вещества (дисперсии крупности) сложным образом зависит от диаметра частиц вещества, его элементного состава и глубинности метода.

Выбор оптимальной энергии первичного гамма-излучения осуществлялся исследованиями альbedo гамма-излучения от руд с различным содержанием железа C_{Fe} . На основе измеренных интенсивностей рассеянного гамма-излучения от C_{Fe} при различной энергии первичного гамма-излучения рассчитывалась относительная чувствительность к железу, как относительное приращение интенсивности при единичном изменении содержания железа. С точки зрения максимальной чувствительности метода к железу, достаточной представительности (глубинности) и линейности зависимости интенсивности от C_{Fe} в большом интервале его изменения оптимальной признана энергия ~ 120 кэВ (источник $Co-57$). При выбранной оптимальной энергии первичного гамма-излучения чувствительность метода составила 2,9 проц./%, а глубинность $\sim 6,4$ см.

Для минимизации погрешности метода за счет дисперсности руды (крупности) предложено на основе выбранной энергии (глубинности) найти допустимую максимальную крупность исходя из условия $3 \cdot d_{\max} \leq H$; где d_{\max} - размер максимального куска, мм; H - глубинность метода.

Согласно Межгосударственному стандарту (ГОСТ 15054-80. Руды железные, концентраты, агломераты и окатыши. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа. М. ИПК Издательство стандартов, 1999), за размер максимального куска принимают размер отверстия сита, на котором после окончания отсева остается не более 5% материала.

Таким образом от опробуемой партии руды большой массы (до 500 тонн) отобранная представительная объединенная проба дробится до класса - 20 мм, что более чем в 3 раза меньше глубинности метода. После стандартных операций перемешивания, усреднения, квартования согласно ГОСТ проба массой около 30 кг класса - 20 мм подвергается анализу на содержание железа гамма-альбедным методом, тем самым исключаются трудоемкие этапы существующей системы стандартного опробования (измельчение проб, подготовка проб аналитической крупности ($\sim 0,1$ мм) и непосредственно химический анализ

на железо).

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах вещества с минимальным Z_{\min} и максимальным Z_{\max} эффективным атомным номером измеряют интенсивности рассеянного гамма-излучения N_{\min} и N_{\max} при различной энергии первичного гамма-излучения, находят оптимальную энергию первичного гамма-излучения E_0 , при которой наблюдается максимальная контрастность измеренной интенсивности рассеянного гамма-излучения к величине \bar{Z} , допустимую крупность контролируемого вещества рассчитывают на основе найденной оптимальной энергии E_0 из условия $3 \cdot d_{\max} \leq H$; где d_{\max} - максимальный диаметр частиц вещества, H - глубинность метода при найденной энергии E_0 ; контролируемое вещество доводят до допустимой крупности, а эффективный атомный номер сложного вещества с допустимой крупностью определяют по интенсивности рассеянного гамма-излучения при найденной оптимальной энергии первичного гамма-излучения.

Предлагаемый способ апробирован на примере контроля эффективного атомного номера железных руд с помощью радиоизотопного источника Co-57 (~120 кэВ) и спектрометра АИ-1024 со сцинтилляционным детектором NaI(Tl) размером 40×30 мм. Контролируемая руда массой около 30 кг и класса - 20 мм загружается в измерительную кювету размером 45×30×7 см, обеспечивающим отсутствие краевых эффектов.

В процессе опробования и анализа 16 частично подготовленных проб массой ~30 кг и крупностью до 20 мм в диапазоне изменения содержания железа 22-52% достигнута средняя квадратическая погрешность 1,23% абс. При этом относительная статистическая погрешность измерений составила 0,85%.

В таблице представлены сопоставительные данные о метрологических характеристиках предлагаемого способа и способа-прототипа.

Способ	Диапазон изменения, $\frac{\bar{Z}}{C_{Fe}}$	Чувствительность, $\frac{S_Z, \text{ проц./1z}}{S_{Fe}, \text{ проц./\%}}$	Средняя квадратическая погрешность определения C_{Fe} , % абс.
Прототип	16.8 – 21.9	16.9	1.67
	21 – 52	2.7	
Предлагаемый	16.8 – 21.9	17.6	1.23
	21 – 52	3.1	

Предлагаемый гамма-альбедный способ контроля эффективного атомного номера характеризуется повышенной чувствительностью к \bar{Z} в большом интервале его изменения и пониженной погрешностью определения содержания железа в частично подготовленных пробах массой около 30 кг и переменной крупности класса - 20 мм, что существенно расширяет сферу применения способа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Гамма-альбедный способ контроля эффективного атомного номера сложного вещества, основанный на его облучении гамма-излучением и регистрации рассеянного гамма-излучения, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах вещества с минимальным эффективным атомным номером Z_{\min} и максимальным эффективным атомным номером Z_{\max} измеряют интенсивности рассеянного гамма-излучения N_{\min} и N_{\max} при различной энергии первичного гамма-излучения, находят оптимальную энергию первичного гамма-излучения E_0 , при которой наблюдается максимальная контрастность измеренной интенсивности рассеянного гамма-излучения к величине \bar{Z} , допустимую крупность контролируемого вещества рассчитывают на основе найденной оптимальной энергии E_0 из условия $3 \cdot d_{\max} \leq H$; где d_{\max} - максимальный диаметр частиц вещества, H - глубинность метода при найденной энергии E_0 ; контролируемое вещество доводят до допустимой крупности, а эффективный атомный номер сложного вещества с допустимой крупностью определяют по интенсивности рассеянного гамма-излучения при найденной оптимальной энергии первичного гамма-излучения.

