

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038855**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.10.28

(21) Номер заявки
202000059

(22) Дата подачи заявки
2020.01.02

(51) Int. Cl. **G01N 23/203** (2006.01)
G01N 23/223 (2006.01)
G01V 5/12 (2006.01)

(54) СПОСОБ ДВУХЗОНДОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ВЕЩЕСТВ

(43) **2021.07.31**

(96) **KZ2020/001 (KZ) 2020.01.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПАК ЮРИЙ; КРОПАЧЕВ ПЁТР
АЛЕКСАНДРОВИЧ (KZ)**

(56) KZ-A4-26933
KZ-A4-25151
KZ-B-33972
AU-A1-2008237582
ZA-B-7905087

(72) Изобретатель:
**Пак Юрий, Кропачев Пётр
Александрович, Пак Дмитрий
Юрьевич, Ибатов Марат Кенесович,
Иманов Женис, Нугужинов Жмагул
Смагулович, Тебаева Анар Юлаевна
(KZ)**

(57) Изобретение относится к физическим способам анализа веществ. Способ двухзондового исследования, основанный на регистрации рассеянного γ -излучения двумя зондами, отличающийся тем, что на стандартных образцах вещества со средними Z измеряют интенсивности рассеянного γ -излучения от энергии при малой L_1 и большой L_2 длине зонда, находят критические энергии E_1 и E_2 , соответствующие максимуму в спектре рассеянного γ -излучения, в области выше E_1 находят интервал ΔE_1 , при котором достигается минимальная чувствительность к Z , в области ниже E_2 находят интервал ΔE_2 , при котором достигается максимальная чувствительность к Z , измеряют: при малой длине L_1 интенсивность γ -излучения N_1 в найденном интервале ΔE_1 , при большой длине L_2 интенсивность γ -излучения N_2 в найденном интервале ΔE_2 , а плотность определяют по интенсивности N_1 , а Z - по отношению N_2/N_1 . Технический результат изобретения состоит в повышении чувствительности и расширении сферы применения способа за счет нахождения при L_1 и L_2 , соответственно, интервалов ΔE_1 и ΔE_2 , при которых измеряются интенсивности N_1 и N_2 .

B1**038855****038855****B1**

Изобретение относится к ядерно-геофизическим способам анализа сложных веществ. Оно может быть использовано для определения плотности и эффективного атомного номера различных горных пород и руд в горнодобывающей, металлургической и других отраслях промышленности.

Широко известен селективный гамма-гамма метод, заключающийся в облучении сложных веществ гамма-излучением и регистрации рассеянного веществом гамма-излучения (Гамма-методы в рудной геологии, под ред. А.П. Очкура. Л.: Недра, 1976, с. 91). Данный способ нашел широкое применение для оценки вещественного состава различных руд по эффективному атомному номеру. Недостатком известного способа является значительная погрешность определения сложных веществ в условиях переменной плотности.

Известен также плотностной гамма-гамма метод, основанный на облучении сложных веществ высокоэнергетическим гамма-излучением и регистрации рассеянного веществом гамма-излучения (Пак Ю.Н., Пак Д.Ю. Ядерные технологии в геофизических исследованиях. Учебник. Караганда. Изд-во КарГТУ, 2016. - 346 с.). Недостатком данного способа является невысокая чувствительность к плотности и зависимость от изменчивости вещественного состава, в частности эффективного атомного номера сложного вещества.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ раздельного определения плотности и эффективного атомного номера сложных веществ, основанный на облучении вещества высокоэнергетическим гамма-излучением и регистрации рассеянного гамма-излучения двумя зондами, регистрирующими преимущественно однократно рассеянное гамма-излучение (малый зонд) и многократно рассеянное гамма-излучение (большой зонд) (Инновационный патент РК № 28371. Способ анализа состава вещества. Авторы: Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Иманов М.О. и др. Зарегистрирован в Гос. Реестре изобретений РК 19.03.2014).

Недостатком известного способа является относительно низкая чувствительность к эффективному атомному номеру и плотности в условиях значительной изменчивости вещественного состава.

Задачей изобретения является повышение чувствительности определения эффективного атомного номера и плотности в широком диапазоне их изменений.

Технический результат изобретения состоит в расширении сферы применения способа.

Поставленная задача решается следующим образом.

В процессе облучения сложного вещества высокоэнергетическим гамма-излучением и регистрации рассеянного гамма-излучения двумя зондами дополнительно на стандартных образцах вещества со средними значениями эффективного атомного номера измеряют интенсивности рассеянного гамма-излучения в зависимости от его энергии при малой длине зонда L_1 и большой длине зонда L_2 , находят критические энергии E_1 и E_2 , соответствующие максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, в области выше E_1 находят энергетический интервал ΔE_1 , при котором достигается минимальная чувствительность к эффективному атомному номеру, в области ниже E_2 находят энергетический интервал ΔE_2 , при котором достигается максимальная чувствительность к эффективному номеру, на исследуемом веществе сложного состава измеряют: при малой длине зонда интенсивность рассеянного гамма-излучения N_1 в найденном энергетическом интервале ΔE_1 , при большой длине зонда интенсивность рассеянного гамма-излучения N_2 в найденном энергетическом интервале ΔE_2 , плотность сложного вещества определяют по измеренной интенсивности N_1 , а эффективный атомный номер сложного вещества определяют по отношению измеренных интенсивностей N_2/N_1 .

Экспериментальными исследованиями закономерностей изменения энергетического распределения рассеянного гамма-излучения в зависимости от длины зонда (расстояние от источника гамма-излучения до детектора) и эффективного атомного номера сложного вещества установлено, что критическая энергия, соответствующая максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, сложным образом зависит от длины зонда и исследуемого вещества. При малой длине зонда в детектор попадает преимущественно однократно рассеянное гамма-излучение. При большой длине зонда детектор фиксирует преимущественно многократно рассеянное гамма-излучение. Поэтому в спектральном распределении рассеянного гамма-излучения, измеренного при малой длине зонда, значение критической энергии выше, чем в случае большой длины зонда. Такое смещение критической энергии вполне закономерно.

Исследованиями выявлено также закономерное смещение критической энергии при изменении эффективного атомного номера анализируемого вещества, что объясняется конкурирующими процессами взаимодействия гамма-излучения, в частности вероятность фотоэлектрического поглощения гамма-излучения увеличивается с ростом вещества и обратно пропорциональна энергии гамма-излучения, а вероятность комптоновского рассеяния гамма-излучения, преобладающая при больших энергиях, пропорциональна плотности вещества и слабо зависит от вещества. Эти обстоятельства использованы для повышения чувствительности к эффективному атомному номеру и плотности вещества. Критическая энергия (максимум энергетического распределения рассеянного гамма-излучения) смещается в область меньших энергий при увеличении эффективного атомного номера вещества и его плотности. Подобный сдвиг критической энергии происходит при переходе от измерений с малым зондом к измерениям большим зондом.

При малой длине зонда (не более длины свободного пробега первичного гамма-излучения) энергетический интервал ΔE_1 , найденный в области выше E_1 , с точки зрения минимальной чувствительности к веществу позволяет повысить чувствительность к плотности и минимизировать влияние переменного вещественного состава.

При большой длине зонда (не менее трех длин свободного пробега первичного гамма-излучения) энергетический интервал ΔE_2 , найденный в области ниже E_2 , с точки зрения максимальной чувствительности к веществу позволяет повысить чувствительность к эффективному атомному номеру и минимизировать влияние переменной плотности за счет нормировки измеренных интенсивностей (отношения интенсивностей N_2/N_1).

Интенсивность рассеянного гамма-излучения N_1 в найденном энергетическом интервале ΔE_1 (заинверсионная область спектрального распределения), измеренная при малой длине зонда L_1 , и интенсивность рассеянного гамма-излучения N_2 в найденном энергетическом интервале ΔE_2 (доинверсионная область спектрального распределения), измеренная при большой длине зонда L_2 , являются ключевыми информативными параметрами, повышающими чувствительность к эффективному атомному номеру и плотности вещества в большом диапазоне их изменения, что существенно расширяет сферу применения способа.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах вещества со средними значениями эффективного атомного номера измеряют интенсивности рассеянного гамма-излучения в зависимости от его энергии при малой длине зонда L_1 и большой длине зонда L_2 , находят критические энергии E_1 и E_2 , соответствующие максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, в области выше E_1 находят энергетический интервал ΔE_1 , при котором достигается минимальная чувствительность к эффективному атомному номеру, в области ниже E_2 находят энергетический интервал ΔE_2 , при котором достигается максимальная чувствительность к эффективному номеру, на исследуемом веществе сложного состава измеряют: при малой длине зонда интенсивность рассеянного гамма-излучения N_1 в найденном энергетическом интервале ΔE_1 , при большой длине зонда интенсивность рассеянного гамма-излучения N_2 в найденном энергетическом интервале ΔE_2 , плотность сложного вещества определяют по измеренной интенсивности N_1 , а эффективный атомный номер сложного вещества определяют по отношению измеренных интенсивностей N_2/N_1 .

Экспериментальная апробация способа выполнена на примере двухзондового исследования баритовых руд. В качестве источника первичного гама-излучения выбран радионуклид цезий-137 (660 кэВ). Насыпная плотность руд менялась в пределах 2,6-4,7 г/см³. Эффективный атомный номер менялся в пределах 14,2-24,8.

Оптимальные параметры коллимированного зонда (угол коллимации детектора, высота воздушного зазора между зондом и поверхностью руды) выбраны с точки зрения максимальной дифференциации энергетических спектров рассеянного гамма-излучения от вещественного состава руд. Длина малого зонда 8,5 см, длина большого зонда 29 см. Оптимальный энергетический интервал ΔE_1 , выбранный при малой длине зонда, составил 50 кэВ, оптимальный энергетический интервал ΔE_2 , выбранный при большой длине зонда, составил 85 кэВ.

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

Способ	Диапазон изменения: г/см ³	Чувствительность к эффективному атомному номеру проц. / 1 г/см ³	Чувствительность к плотности, проц. / 1 г/см ³
Предлагаемый		15,5	11,4
Прототип		12,6	9,4

Предлагаемый способ двухзондового исследования сложных веществ характеризуется повышенной чувствительностью к эффективному атомному номеру и плотности вещества в большом диапазоне их изменения, что существенно расширяет сферу применения способа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ двухзондового исследования сложных веществ, основанный на его облучении гамма-излучением и регистрации рассеянного гамма-излучения двумя зондами, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах вещества со средними значениями эффективного атомного номера измеряют интенсивности рассеянного гамма-излучения в зависимости от его энергии при малой длине зонда L_1 и большой длине зонда L_2 , находят критические энергии E_1 и E_2 , соответствующие максимуму в спектре рассеянного гамма-излучения, в области выше E_1 находят энергетический интервал ΔE_1 , при котором достигается минимальная чувствительность к эффективному атомному номеру, в области ниже E_2 находят энергетический интервал ΔE_2 , при котором достигается максимальная чувствительность к эффективному номеру, на исследуемом веществе сложного состава измеряют: при малой длине зонда ин-

интенсивность рассеянного гамма-излучения N_1 в найденном энергетическом интервале ΔE_1 , при большой длине зонда интенсивность рассеянного гамма-излучения N_2 в найденном энергетическом интервале ΔE_2 , плотность сложного вещества определяют по измеренной интенсивности N_1 , а эффективный атомный номер сложного вещества определяют по отношению измеренных интенсивностей N_2/N_1 .

