



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 154 537** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁷ **B 07 C 5/346**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99102299/12, 03.02.1999

(24) Дата начала действия патента: 03.02.1999

(46) Дата публикации: 20.08.2000

(56) Ссылки: SU 952384 A, 23.08.1982. SU 1163919 A, 30.06.1985. SU 171482 A, 17.06.1965. EP 0064810 A1, 17.11.1982. WO 90/11842 A1, 18.10.1990. SU 1355111 A3, 23.11.1987. WO 88/02111 A1, 24.03.1988. DE 2049500 B2, 03.11.1977.

(98) Адрес для переписки:
101000, Москва, Старосадский пер. 8, НИЦ
ЭЛДИС РАН, Земляницин М.А.

(71) Заявитель:

ИНТЕГРА ГРУП ЛИМИТЕД (US)

(72) Изобретатель: Канцель А.В.(RU),
Богушевский Э.М.(RU), Демидов
А.М.(RU), Журавлев О.К.(RU), Земляницин
М.А.(RU), Канцель М.А.(RU), Куркин
В.А.(RU), Мазуркевич П.А.(RU), Кучерский
Николай Иванович (UZ), Толстов Евгений
Александрович (UZ), Мазуркевич Александр
Петрович (UZ), Иноземцев Сергей Борисович
(UZ), Мальгин Олег Николаевич
(UZ), Прохоренко Геннадий Алексеевич
(UZ), Сытенков Виктор Николаевич
(UZ), Клименко Александр Ильич
(UZ), Шеметов Петр Александрович
(UZ), Беленко Александр Павлович (UZ)

(73) Патентообладатель:

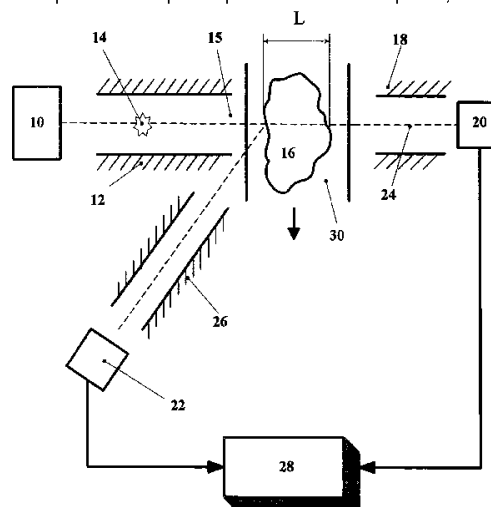
ИНТЕГРА ГРУП ЛИМИТЕД (US)

(54) СПОСОБ РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ МАССЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области предварительного обогащения материалов при рудоподготовительных переделах минерального сырья различных типов, предпочтительно золотосодержащих кварцевых руд. Технический результат изобретения - повышение достоверности сепарации преимущественно золотосодержащих кварцевых руд путем учета литологии образования самих руд, использования более эффективного критерия сепарации и соответствующих средств и методик радиометрического обогащения. Порцию материала облучают первым потоком гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями 1173 кэВ и 1332 кэВ, а также вторым потоком мягкого гамма-излучения с максимумом энергии в диапазоне 60-90 кэВ. Одновременно регистрируют суммарную интенсивность первого потока, а также интенсивность второго потока гамма-излучения, прошедших через материал. Регистрируют спектр характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения от поверхности материала и интенсивность рассеянного гамма-излучения. Определяют

параметр μ поглощения гамма-излучения в материале порции и его объемную плотность ρ , показатели пространственной неоднородности измеренных характеристик и параметров. Приводится выражение для критерия сепарации, учитывающее измеренные характеристики. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 154 537** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁷ **B 07 C 5/346**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 99102299/12, 03.02.1999

(24) Effective date for property rights: 03.02.1999

(46) Date of publication: 20.08.2000

(98) Mail address:
 101000, Moskva, Starosadskij per. 8, NITs
 EhLDIS RAN, Zemljanitsin M.A.

(71) Applicant:
 INTEGRA GRUP LIMITED (US)

(72) Inventor: Kantseľ' A.V.(RU),
 Bogushevskij Eh.M.(RU), Demidov
 A.M.(RU), Zhuravlev O.K.(RU), Zemljanitsin
 M.A.(RU), Kantseľ' M.A.(RU), Kurkin
 V.A.(RU), Mazurkevich P.A.(RU), Kucherskij
 Nikolaj Ivanovich (UZ), Tolstov Evgenij
 Aleksandrovich (UZ), Mazurkevich Aleksandr
 Petrovich (UZ), Inozemtsev Sergej Borisovich
 (UZ), Mal'gin Oleg Nikolaevich
 (UZ), Prokhorenko Gennadij Alekseevich
 (UZ), Sytenkov Viktor Nikolaevich
 (UZ), Klimenko Aleksandr Il'ich (UZ), Shemetov
 Petr Aleksandrovich (UZ), Belenko Aleksandr
 Pavlovich (UZ)

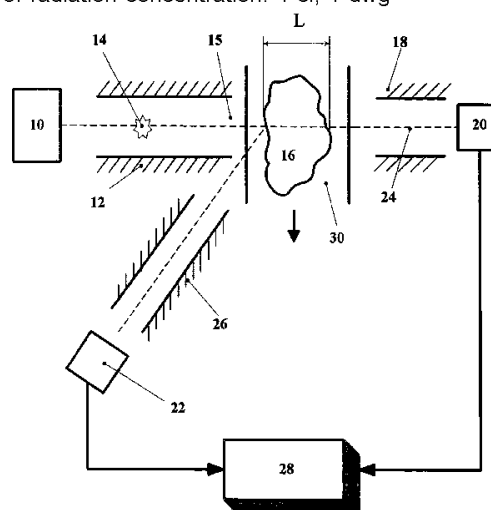
(73) Proprietor:
 INTEGRA GRUP LIMITED (US)

(54) METHOD OF ROENTGENORADIATION SEPARATION OF MINERALIZED MASS

(57) Abstract:

FIELD: preconcentration of materials in ore preparation conversion of mineral materials of various types, preferably, gold-containing quartz ores. SUBSTANCE: method includes exposure of material portion to radiation with the first flux of gamma radiation with two characteristics energies of 1173 and 1332 keV, and also with the second flux of soft gamma radiation with maximum energy within 60-90 keV. Simultaneously registered are total intensity of the first and second fluxes of gamma radiation passed through material. Spectrum of characteristic fluorescent X-ray radiation from material surface and intensity of dispersed gamma radiation are recorded. Parameter of absorption of gamma radiation in material of portion and its bulk density, characteristics of spatial nonuniformity of measured characteristics and parameters are determined. Invention description covers expression for separation criterion taking into account of measured characteristics. EFFECT: higher accuracy of

separation, mainly, gold-containing quartz ores due to consideration of ore lithology, use of more efficient separation criterion and corresponding equipment and techniques of radiation concentration. 4 cl, 1 dwg



Изобретение относится к области предварительного обогащения материалов и может быть использовано в рудоподготовительных переделах минерального сырья различных типов, предпочтительно золотосодержащих кварцевых руд.

Использование дистанционных радиометрических способов и средств сортировки нерадиоактивных руд известно давно и привлекает надежностью и высокой производительностью (см., например, В.А. Мокроусов, В.А. Ликеев. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. Л.: Недра, 1969). Вместе с тем, использование порционной и кусковой сортировки имеет особенности в части выбора тех или иных физических средств и режимов их функционирования, а также математических методов обработки измеренных характеристик для выработки критериев сортировки, адаптированных к промышленным задачам геотехнологии.

В основном используются две модификации гамма-квантовых способов - эмиссионный и абсорбционный, причем эмиссионные способы позволяют обеспечить односторонний доступ к исследуемым образцам породы, а абсорбционные - требуют двустороннего доступа. Так, известен эмиссионный способ определения тяжелых элементов в породах и рудах по характеристическому рентгеновскому излучению этих элементов, возбуждаемому под влиянием гамма-излучения, для чего проводят одновременное измерение интенсивностей вторичного излучения в двух участках спектра, расположенных по разные стороны от К-края поглощения искомого элемента, а содержание элемента находят по величине отношения интенсивностей в двух указанных участках спектра вторичного излучения (авторское свид. SU 171482, Майер и др., G 01 N 23/22, оп. 1965).

В другом источнике (авторское свид. SU 952384, Развозжаев и др., В 07 С 5/34, оп. 1982) описан также эмиссионный способ обогащения полезных ископаемых с одновременной регистрацией характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения и рассеянного от куска гамма-излучения. Рассеянное излучение регистрируют в энергетической области, соответствующей фотопике рассеянного излучения, а в качестве критерия сепарации используется отношение упомянутых интенсивностей. Указанное позволяет, при одностороннем доступе к исследуемому куску, учесть изменчивость форм и размеров кусков. Если проводится определение золота, то рекомендуется регистрировать характеристическое излучение сопутствующего золоту элемента, например мышьяка. По такому же эмиссионному принципу построен способ сортировки руд с использованием двух источников гамма-излучения с разными уровнями энергии, один из которых оказывает преобладающее воздействие для проявления эффекта Комптона (он не зависит от порядкового номера искомого элемента Z), а другой - для проявления конкурирующего с этим эффектом фотоэффекта (патент SU 1355111 АЗ, Сипилия и др., В 07 С 5/34, оп. 1987). Отношение интенсивностей

зарегистрированных сигналов от этих двух источников, как указывается, пропорционально содержанию искомого элемента. Рекомендованы уровни энергии для одного источника 20-150 кэВ, а для другого - 300-1500 кэВ.

При использовании способа абсорбционной сепарации гамма-излучение пропускают через сепарируемый материал и регистрируют прошедшее излучение, по величине которого рассчитывают критерии сортировки. При этом методика сепарации сырья не изменяется, если измерения проводятся непосредственно на ленте транспортера (см., например, О.А. Архипов. Радиометрическая обогатимость руд при их разведке. М.: Недра, 1985, с. 14-15), или при свободном падении через зону контроля (патент F1 56777, OUTOKUMPU OY, В 07 С 5/34, 1980).

Однако упомянутые эмиссионная и абсорбционная модификации способов рентгенорадиометрической сепарации не свободны от недостатков как в части выбора критериев сепарации, так и используемых радиометрических средств и режимов их функционирования.

В качестве ближайшего аналога может быть принят вышеупомянутый способ радиометрической сепарации по авторскому свид. SU 952384, Развозжаев и др., В 07 С 5/34, оп. 1982.

Технический результат изобретения состоит в повышении достоверности сепарации, преимущественно золотосодержащих кварцевых руд путем учета литологии образования самих руд и потому использования более эффективного критерия сепарации и соответствующих средств и методик радиометрического обогащения.

Технический результат достигается тем, что способ включает последовательное пропускание порций материала, преимущественно кусков, через зону воздействия потоком мягкого гамма-излучения, регистрацию спектра характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения от поверхности материала и интенсивности рассеянного гамма-излучения, и разделение порций материала по зарегистрированным характеристикам в соответствии с заданными пороговыми критериями сепарации. Порцию дополнительно облучают потоком гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями 1173 кэВ и 1332 кэВ и одновременно регистрируют суммарную интенсивность потока этого гамма-излучения, прошедшего через материал, а также интенсивность прошедшего через материал потока мягкого гамма-излучения, максимум энергии которого устанавливают в диапазоне 60 - 90 кэВ, и определяют параметр μ поглощения гамма-излучения в материале порции и его объемную плотность ρ . При этом упомянутые спектр характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения от поверхности материала, интенсивность рассеянного мягкого гамма-излучения, а также параметры μ и ρ регистрируют в нескольких областях материала порции в процессе ее перемещения через зону облучения, а в качестве критериев сепарации используют

комбинацию упомянутых характеристик и параметров и(или) показатели их пространственной неоднородности, весовые коэффициенты к которым для конкретных типов руд подбирают экспериментально.

Способ может характеризоваться тем, что в качестве показателей пространственной неоднородности упомянутых характеристик используют показатель дисперсии, среднеквадратическое отклонение или коэффициент вариации.

Способ может характеризоваться также тем, что параметр μ поглощения гамма-излучения в материале порции определяют по выражению:

$$\mu = \frac{\mu' \ln(I_{02}/I_2)}{\ln(I_{01}/I_1)},$$

где μ' - массовый коэффициент поглощения гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями, [см²/г];

I_{01} , I_1 - суммарная интенсивность потока гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями до и после образца, соответственно;

I_{02} , I_2 - интенсивность потока мягкого гамма-излучения до и после образца, соответственно.

Способ может характеризоваться тем, что объемную плотность ρ материала порции определяют по формуле:

$$\rho = \tau/L,$$

где τ - поверхностная плотность материала в области пучка, [г/см²],

L - толщина слоя материала по оси облучения, [см].

В основе изобретения лежат следующие предпосылки.

На примере многочисленных месторождений полезных ископаемых нами было показано (см. Гуревич В. Л., Канцель А. В. "Субфональные ореолы гидротермальных урановых месторождений". Геология рудных месторождений, N 4, 1984, с. 65-75), что в пределах зон рудоотложения происходит не только привнос рудных элементов, но и их перераспределение. В более широком смысле эта же точка зрения изложена в трудах А.Е. Ферсмана, Д.С. Коржинского и др., применительно к теории околорудного метасоматоза. Указанное дает возможность предположить, что образцы минерализованной массы, содержащей полезные компоненты, будут отличаться от образцов пустой породы не только набором элементов или минералов, степенью поглощения в них излучения, объемной плотностью, а также неоднородностью распределения этих свойств и характеристик по единичному камню. Отмеченные физические параметры определяются при одновременной реализации эмиссионного и абсорбционного методов и соответствующем подборе энергетических характеристик обоих источников гамма-излучения.

Показателями неоднородности являются дисперсия D , среднеквадратическое отклонение σ или коэффициент вариации V , подробно рассмотренные для подобных задач геохимии (см. упомянутую работу В.Л. Гуревича и А.В. Канцеля). Указанные величины используются в качестве составных частей классификационного критерия K .

Так, согласно изобретению, в качестве

составляющих комплексного критерия K предлагается использовать:

- спектр характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения материала (S) и интенсивность рассеянного гамма-излучения (R), и

- параметр μ поглощения гамма-излучения в материале порции и его объемную плотность ρ ,

- показатель пространственной неоднородности вышеупомянутых характеристик и параметров: σ , D или V .

Таким образом, например, при использовании в качестве показателя пространственной неоднородности порции (куска) сепарируемой минеральной массы среднеквадратического отклонения σ , критерий K сепарации может иметь вид:

$$K = F \left\{ S^{(i)} \cdot k_i; \sigma_{S(i)} \cdot k_{i+1}; R \cdot k_{2L+1}; \sigma_R \cdot k_{2L+2}; \bar{\mu} \cdot k_{2L+3}; \sigma_{\bar{\mu}} \cdot k_{2L+4}; \bar{\rho} \cdot k_{2L+5}; \sigma_{\bar{\rho}} \cdot k_{2L+6} \right\}, (1)$$

где: $i = 1, 2 \dots L$ - номера пиков характеристического излучения спектра S ;

k_i - весовые коэффициенты, подбираемые экспериментально для каждого типа руд.

Аналогичный вид выражение будет иметь при использовании показателей дисперсии или коэффициентов вариации. Необходимо отметить, что отдельные из этих коэффициентов k_i в частном случае могут быть равны нулю.

При просвечивании испытуемого образца двумя расположенными по одной оси излучения и коллимированными источниками гамма-излучения, при указанных диапазонах энергий источников, для первого источника гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями после просвечивания образца регистрируется гамма-излучение с суммарной интенсивностью:

$$I_1 = I_{01} \exp(-\mu' \cdot \tau), (2)$$

где I_{01} , I_1 - суммарная интенсивность потока гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями до и после образца, соответственно;

μ' - массовый коэффициент поглощения суммарной интенсивности потока гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями, независящий от элементного состава образца, [см²/г];

τ - поверхностная плотность материала в области пучка, [г/см²].

Таким образом, регистрация высокоэнергетического гамма-излучения позволяет определить поверхностную плотность материала:

$$\tau = \frac{1}{\mu'} \ln \frac{I_{01}}{I_1}. (3)$$

Объемная плотность ρ [г/см³] материала порции определяется по известной формуле:

$$\rho = \tau/L, (4)$$

где L - толщина слоя материала по оси облучения, [см].

Для второго источника мягкого гамма-излучения после просвечивания образца также регистрируется поток

гамма-излучения с интенсивностью:

$$I_2 = I_0 \exp(-\mu \cdot \tau), \quad (5)$$

где I_0 , I_2 - интенсивность потока мягкого гамма-излучения до и после образца, соответственно;

τ - поверхностная плотность, определяемая из выражения (3).

Отсюда следует, что массовый коэффициент μ [$\text{см}^2/\text{г}$] поглощения для мягкого гамма-излучения, зависящий от элементного состава материала, может быть определен из выражения:

$$\mu = \frac{\mu' \ln(I_0/I_2)}{\ln(I_0/I_1)}, \quad (6)$$

Проведенные эксперименты показывают, что использование одновременно нескольких рентгенорадиометрических методов, каждый из которых удовлетворяет требованиям инструментального и экспрессного анализа и дополняет друг друга, позволяет повысить качество сепарации минерального сырья.

Существо изобретения поясняется на чертеже, где представлена принципиальная схема реализации способа радиометрической сепарации.

Источник 10 мягкого гамма-излучения представляет собой рентгеновский излучатель с энергией до 100 кэВ (максимум энергии 60 - 90 кэВ) и электрической мощностью до 50 Вт. На выходе источника 10 установлен коллиматор 12, в полости которого установлен источник 14 гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями 1173 кэВ и 1332 кэВ (изотопный источник ^{60}Co). Выходное окно 15 коллиматора 12 направлено на поверхность исследуемого образца 16 минерализованной массы, сепарация которой производится. Источники 10 и 14 установлены так, чтобы прошедшее через образец излучение через коллиматор 18 попадало на сцинтилляционный детектор 20. Детектор 20 обеспечивает регистрацию интенсивности прошедшего через порцию гамма-излучения как от источника 10, так и от источника 14. Для регистрации спектра характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения поверхности образца 16 и интенсивности рассеянного гамма-излучения служит детектор 22. Детектор 22 размещен под углом к оси 24 облучения, также снабжен коллиматором 26, при этом геометрия области облучения-регистрации выбрана такой, чтобы пятно в зоне облучения на поверхности образца составляло 10 - 30 мм. Детекторы 20 и 22 подключены к блоку 28 спектрометрии с выводом на персональный компьютер. Перемещение порции материала через измерительную систему, в направлении, обозначенном стрелкой, производится посредством средств 30. Транспортировка может осуществляться как с помощью транспортера, например, с ячеями (это удобно в случае сортировки мелкокускового материала), так и в свободном падении, преимущественно при кусковой сепарации. Сцинтилляционный детектор 20 может быть выполнен на основе кристалла NaJ и иметь скорость счета не хуже 10^5 гамма-квантов/сек. Детектор 16 представляет собой полупроводниковый детектор с разрешением не хуже 0,5 кэВ при

энергии 5 кэВ и с аналогичной детектору 20 скоростью счета.

Способ рентгенометрической сепарации осуществляют следующим образом.

Через зону контроля пропускают сепарируемую минерализованную массу: куски или сформированную порцию. Масса подвергается облучению двумя источниками 10 и 14. Посредством детектора 22 регистрируется спектр характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения материала (S) и интенсивность рассеянного гамма-излучения (R), возбуждаемые источником 10.

Одновременно, посредством детектора 20 регистрируется суммарная интенсивность (I_1) потока гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями от точки 14 и интенсивность (I_2) прошедшего через образец потока мягкого гамма-излучения по величинам которых рассчитывается параметр μ поглощения гамма-излучения в материале (выражение (5)), а также его объемная плотность ρ (формула (6)). Размер L - толщина слоя материала по оси облучения, определяется бесконтактным путем из независимых измерений.

Для вычисления показателей пространственной неоднородности характеристик и параметров (σ , D или V) проводят несколько аналогичных измерений по тому же самому образцу (камню, порции) в нескольких его областях.

На заключительной стадии для каждой порции (куска) проводится вычисление численного значения критерия сепарации K с учетом весовых коэффициентов, найденных экспериментально для конкретного типа сепарируемой руды, исходя из выражения (1). Далее производится сопоставление полученного значения K с заданным пороговым значением и исходя из результата сопоставления производится сепарация.

Способ позволяет повысить эффективность классификации сырья и снизить непроизводительные затраты на перемещение малоценных сортов минерализованной массы.

Формула изобретения:

1. Способ рентгенорадиометрической сепарации минерализованной массы, включающий последовательное пропускание порций материала, преимущественно кусков, через зону воздействия потоком мягкого гамма-излучения, регистрацию спектра характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения от поверхности материала и интенсивности рассеянного гамма-излучения, разделение порций материала по зарегистрированным характеристикам в соответствии с заданными пороговыми критериями сепарации, отличающийся тем, что дополнительно порцию облучают потоком гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями 1173 кэВ и 1332 кэВ и одновременно регистрируют суммарную интенсивность потока этого гамма-излучения, прошедшего через материал, а также интенсивность прошедшего через материал потока мягкого гамма-излучения, максимум энергии которого устанавливают в диапазоне 60 - 90 кэВ, и определяют параметр μ поглощения гамма-излучения в материале порции и его

объемную плотность ρ , при этом упомянутые спектр характеристического флуоресцентного рентгеновского излучения от поверхности материала, интенсивность рассеянного мягкого гамма-излучения, а также параметры μ и ρ регистрируют в нескольких областях материала порции в процессе ее перемещения через зону облучения, а в качестве критериев сепарации используют комбинацию упомянутых характеристик и параметров и/или показатели их пространственной неоднородности, весовые коэффициенты к которым для конкретных типов руд подбирают экспериментально.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве показателей пространственной неоднородности упомянутых характеристик используют показатель дисперсии, среднеквадратическое отклонение или коэффициент вариации.

3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что параметр μ поглощения гамма-излучения в материале порции определяют из выражения

$$\mu = \frac{\mu' \ln(I_{02}/I_2)}{\ln(I_{01}/I_1)},$$

где μ' - массовый коэффициент поглощения гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями, см²/г;

I_{01}, I_1 - суммарная интенсивность потока гамма-излучения с двумя характеристическими энергиями до и после образца соответственно;

I_{02}, I_2 - интенсивность потока мягкого гамма-излучения до и после образца соответственно.

4. Способ по любому из пп.1 - 3, отличающийся тем, что объемную плотность ρ материала порции определяют по формуле

$$\rho = \tau/L,$$

где τ - поверхностная плотность материала в области пучка, г/см²;

L - толщина слоя материала по оси облучения, см.

25

30

35

40

45

50

55

60