



# ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2336127

## СПОСОБ СЕПАРАЦИИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Патентообладатель(ли): **Общество с ограниченной  
ответственностью "Алмазинтех-консультации и  
инжиниринг" (RU)**

Автор(ы): **см. на обороте**

Заявка № 2006144724

Приоритет изобретения **15 декабря 2006 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре  
изобретений Российской Федерации **20 октября 2008 г.**

Срок действия патента истекает **15 декабря 2026 г.**

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам*



Б.П. Симонов







(51) МПК

B03B 13/06 (2006.01)

B07C 5/342 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2006144724/03, 15.12.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.12.2006

(45) Опубликовано: 20.10.2008 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2236311 C1, 20.09.2004. RU 2236312 C1, 20.09.2004. RU 2235599 C1, 10.09.2004. SU 1603588 A1, 20.08.1999. SU 1459014 A1, 10.09.1995. SU 1572720 A1, 23.06.1990. RU 2006120051 A, 20.09.2004. RU 2101101 C1, 10.01.98. RU 2249490 C1, 10.04.2005. RU 2271254 C2, 10.03.2006. GB 2219080 A, 29.11.1989. DE 2049500 A, 22.04.1971. WO 88/02111 A1, 18.10.1990. EP 0064810 A1, 01.04.1982.

Адрес для переписки:

101990, Москва, Петроверигский пер., 4,  
Агентство "Ермакова, Столярова и партнеры",  
пат.пов. Е.А.Ермаковой, рег.№ 163

(72) Автор(ы):

Годун Константин Викторович (RU),  
Рассулов Виктор Асафович (RU),  
Кудря Владимир Викторович (RU),  
Ольховский Александр Михайлович (RU),  
Пацианский Феликс Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Алмазинтех-консультации и инжиниринг" (RU)

## (54) СПОСОБ СЕПАРАЦИИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

### (57) Формула изобретения

Способ сепарации алмазосодержащих материалов, включающий возбуждение люминесценции посредством воздействия на материал импульсным рентгеновским излучением, преобразование люминесцентного светового потока, исходящего из подверженного излучению материала, находящегося в диапазоне максимума излучения медленной компоненты алмаза, в электрические сигналы, оцифровку полученной совокупности значений интенсивности люминесценции, вычисление значений интенсивностей быстрой и медленной компонент люминесценции на момент прекращения импульсного рентгеновского излучения, расчет величины коэффициента разделения, равного отношению интенсивностей быстрой и медленной компонент люминесценции, и при его значении, находящемся в диапазоне, заданном пороговыми значениями, направление сигнала на исполнительный механизм об отделении полезного минерала в концентратный приемник.

RU 2 336 127 C1







(51) МПК

*B03B 13/06* (2006.01)*B07C 5/342* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006144724/03, 15.12.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.12.2006

(45) Опубликовано: 20.10.2008 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2236311 C1, 20.09.2004. RU 2236312  
C1, 20.09.2004. RU 2235599 C1, 10.09.2004. SU  
1603588 A1, 20.08.1999. SU 1459014 A1,  
10.09.1995. SU 1572720 A1, 23.06.1990. RU  
2006120051 A, 20.09.2004. RU 2101101 C1,  
10.01.98. RU 2249490 C1, 10.04.2005. RU  
2271254 C2, 10.03.2006. GB 2219080 A,  
29.11.1989. DE 2049500 A, 22.04.1971. WO  
88/02111 A1, 18.10.1990. EP 0064810 A1,  
01.04.1982.

Адрес для переписки:

101990, Москва, Петроверигский пер., 4,  
Агентство "Ермакова, Столярова и партнеры",  
пат.пов. Е.А.Ермаковой, рег.№ 163

(72) Автор(ы):

Годун Константин Викторович (RU),  
Рассулов Виктор Асафович (RU),  
Кудря Владимир Викторович (RU),  
Ольховский Александр Михайлович (RU),  
Пацианский Феликс Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Алмазинтех-консультации и инжиниринг" (RU)

## (54) СПОСОБ СЕПАРАЦИИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

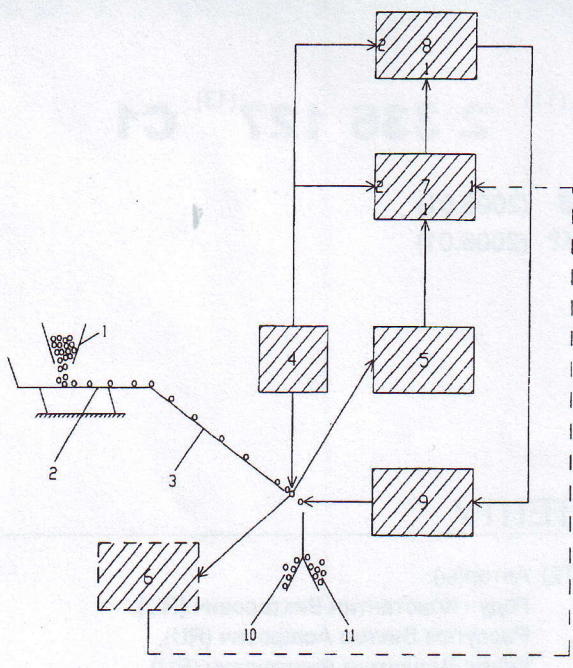
(57) Реферат:

Изобретение относится к области обогащения  
полезных ископаемых, содержащих  
люминесцирующие под воздействием излучения  
минералы. Техническим результатом изобретения  
является повышение селективности процесса  
сепарации и извлечения ценного компонента за  
счет использования различий в кинетике  
рентгенолюминесценции сепарируемых  
минералов. Для этого возбуждают люминесценцию  
импульсным рентгеновским излучением и  
осуществляют преобразование люминесцентного  
светового потока, исходящего из подверженного  
излучению материала, находящегося в диапазоне  
максимума излучения медленной компоненты

алмаза, в электрические сигналы. Производят  
оцифровку полученной совокупности значений  
интенсивности люминесценции. Затем вычисляют  
значения интенсивностей быстрой и медленной  
компонент люминесценции на момент прекращения  
импульсного рентгеновского излучения.  
Рассчитывают критерий разделения, равный  
отношению значений расчетных интенсивностей  
быстрой и длительной компонент люминесценции.  
При значении критерия разделения, находящемся в  
диапазоне, заданном пороговыми значениями,  
направляют сигнал на исполнительный механизм  
для отделения полезного минерала в  
концентратный приемник. 1 ил.



RU 2336127 C1



RU 2336127 C1



Изобретение относится к области обогащения полезных ископаемых, содержащих люминесцирующие под воздействием излучения минералы.

Известны способы сепарации, основанные на импульсном режиме рентгеновского облучения потока материала, поступающего в зону облучения, как правило, по наклонному лотку. Проходящие через зону облучения зерна обогащаемого материала в моменты действия импульсов рентгеновского излучения подвергаются облучению, под воздействием которого целый ряд минералов, в том числе и алмазы, люминесцируют. Из данных по изучению природы люминесценции алмазов известно, что при облучении рентгеновским излучением возбуждаются несколько центров люминесценции, обладающих отличающимися спектральными и кинетическими характеристиками. Постоянная времени затухания самой быстрой компоненты люминесценции не превышает  $10^{-9}$  с, постоянная времени затухания длительной компоненты достигает  $(20) \cdot 10^{-3}$  с.

Проведенные исследования показали, что с высокой точностью кинетика затухания люминесценции после прекращения рентгеновского излучения при измерении в узком спектральном диапазоне 410-500 нм описывается суммой двух экспонент:

$$J = J_1 \cdot \exp(-t/\tau_1) + J_2 \cdot \exp(-t/\tau_2),$$

где:  $J_1$  - интенсивность быстрой компоненты люминесценции в момент прекращения рентгеновского облучения;

$J_2$  - интенсивность длительной компоненты люминесценции в момент прекращения рентгеновского облучения;

$\tau_1$  - постоянная времени затухания быстрой компоненты люминесценции;

$\tau_2$  - постоянная времени затухания длительной компоненты люминесценции.

В известном аналоге оценка характеристик рентгенолюминесценции минералов осуществляется не в момент возбуждения импульсами рентгеновского излучения, а с некоторой задержкой после окончания рентгеновского импульса по нескольким точкам (максимум четыре) в период времени затухания между импульсами возбуждения.

В предлагаемом способе сепарации реализуется измерение кинетики затухания люминесценции с высокой частотой дискретизации (до десяти тысяч измерений за тот же период, что дает возможность рассчитать значения быстрой и медленной компонент) в узком спектральном диапазоне максимума излучения длительной компоненты алмаза, получаемом при использовании светофильтров, с целью исключения мешающих сигналов. Причем регистрация измеряемых параметров люминесценции может осуществляться как со стороны облучения рентгеновским излучением, так и с противоположной стороны (так называемый режим рентгеновской абсорбции) (см. Руководство по эксплуатации сепаратора люминесцентного ЛС-Д-4-03, С.-Петербург, 1997, с.7, 8, 10, 13-15, 17-21).

Недостатком известных способов сепарации является низкая селективность при обогащении алмазосодержащих руд, особенно при повышенном содержании в месторождениях таких сопутствующих минералов, как циркон, полевой шпат, галит, апатит, минералов, содержащих уранил-ион в сорбированной форме и т.п., обладающих рентгенолюминесцентными свойствами, аналогичными с алмазом. Известно, что у алмазов диапазон интенсивности люминесценции, в том числе и ее длительной компоненты затухания, очень широк и зависит от многих факторов: размеров и цвета кристаллов, чистоты их поверхности, наличия включений, трещин и сколов на их гранях, пространственной ориентации алмаза в момент пересечения зоны облучения рентгеновским излучением, содержания примесей в кристаллической решетке алмаза и т.д. При этом у слаболюминесцирующих при рентгеновском возбуждении алмазов сигналы длительной компоненты соизмеримы с уровнем "шумов" оптического и электронного трактов регистрации. Для надежного извлечения таких алмазов требуется большое усиление электрических сигналов, а уровень порога разделения, с которым сравнивается сигнал от алмаза, приходится вплотную приближать к уровню "шумов". В то же время большая часть сопутствующих минералов, особенно кальцийсодержащих, обладающих яркой люминесценцией, имеет значительную величину сигналов длительной компоненты послесвечения, превышающую порог разделения. В результате такие сопутствующие



люминесцирующие минералы воспринимаются сепаратором как алмазы и извлекаются в концентрат. Увеличение уровня порога разделения в целях предотвращения регистрации сопутствующих минералов приводит к потерям слаболюминесцирующих алмазов, т.е. к снижению извлечения полезного компонента. Увеличение мощности облучения не приводит к повышению селективности, т.к. соответственно увеличивается и интенсивность люминесценции сопутствующих минералов.

Известен также способ сепарации минералов, заключающийся в импульсном возбуждении люминесценции, измерении интенсивности послесвечения люминесценции, приведении амплитуды сигналов послесвечения люминесценции к одному уровню, определении скорости изменения интенсивности послесвечения в заданном интервале времени и последующем сравнении измеренной скорости с заранее выбранными граничными значениями диапазона скоростей, соответствующих наименьшей и наибольшей длительности послесвечения полезного минерала (см. а.с. СССР №1459014, прототип).

Недостатком указанного способа является низкая селективность процесса сепарации. Это объясняется несколькими причинами. Как для алмазов, так и для сопутствующих минералов характерна сложная форма кинетики затухания люминесценции, т.е. для большинства образцов люминесцирующих минералов кривые спада длительной компоненты люминесценции отличаются от одноэкспоненциальной функции. Вследствие этого постоянная времени изменения интенсивности послесвечения даже среди одного типа минералов (например, полевых шпатов) при описании одной экспонентой будет иметь очень широкий разброс. Этот же вывод справедлив и для других типов люминесцирующих минералов, а также и для алмазов. Таким образом, заранее заданные граничные значения диапазона постоянной времени, которым должна удовлетворять постоянная времени затухания длительной компоненты полезного минерала, должны иметь довольно широкий диапазон. При этом неизбежно, что измеренные указанным способом значения скоростей затухания люминесценции для значительной части сопутствующих минералов будут находиться внутри границ диапазона постоянной времени, выбранного для полезного минерала. В результате такие люминесцирующие минералы будут регистрироваться как алмазы. Сужение диапазона граничных значений постоянной времени свечения в целях повышения селективности неизбежно приводит к снижению извлечения полезного минерала. Кроме того, необходимость приведения амплитуды сигналов к одному уровню вносит дополнительные искажения в процесс вычисления скорости затухания длительной компоненты.

Техническим результатом изобретения является повышение селективности процесса сепарации и извлечения ценного компонента за счет использования различий в кинетике рентгенолюминесценции сепарируемых минералов.

Поставленный результат достигается посредством предлагаемого способа сепарации алмазосодержащих материалов, включающего возбуждение люминесценции посредством воздействия на материал импульсным рентгеновским излучением, преобразование люминесцентного светового потока, исходящего из подверженного излучению материала, находящегося в диапазоне максимума излучения медленной компоненты алмаза, в электрические сигналы, оцифровку полученной совокупности значений интенсивности люминесценции, вычисление значений интенсивностей быстрой и медленной компонент люминесценции на момент прекращения импульсного рентгеновского излучения, расчет величины коэффициента разделения, равного отношению интенсивностей быстрой и медленной компонент люминесценции, и при его значении, находящемся в диапазоне, заданном пороговыми значениями, направление сигнала на исполнительный механизм об отделении полезного минерала в концентратный приемник.

Возможность достижения поставленного результата обусловлена тем, что в основу заявленного способа заложено экспериментально установленное различие в кинетике рентгенолюминесценции алмазов и сопутствующих минералов. Длительность импульсов возбуждения 0,5 мс вполне достаточна для разгара длительной компоненты



люминесценции  $J_2$  минералов до уровня ее надежной регистрации. В предлагаемом способе измеряют кинетику затухания люминесценции с высокой частотой дискретизации в узком спектральном диапазоне максимума излучения длительной компоненты алмаза после окончания действия импульса рентгеновского излучения. Проводят расчет значений интенсивностей быстрой и длительной компонент после прекращения рентгеновского излучения по измеренным значениям кинетики затухания.

Принятие решения "алмаз - не алмаз (сопутствующий минерал)" осуществляется после вычисления коэффициента разделения, равного отношению интенсивностей быстрой и длительной компонент люминесценции после окончания рентгеновского излучения, а именно:

$$K = J_1 / J_2, \quad (1)$$

где  $J_1$  - вычисленная интенсивность быстрой компоненты люминесценции, а  $J_2$  - вычисленная интенсивность длительной компоненты люминесценции.

Для типовых режимов сепарации, когда длительность импульсов рентгеновского излучения составляет 0,5 мс, а период следования импульсов - 4,0 мс, многочисленными экспериментальными исследованиями установлено следующее:

при вычислении интенсивностей люминесценции  $J_1$  и  $J_2$  со стороны облучения материала соотношение  $0,7 < K < 1,2$  справедливо для 99,7% исследованных алмазов; значение  $K > 2$  справедливо для люминесцирующих минералов, представленных наибольшим процентным содержанием в сопутствующих рудах (полево шпат, апатит, галит и т.п.), а  $K < 0,5$  - для таких люминесцирующих минералов, как циркон и карбонаты.

Способ реализуется устройством, структурная схема которого показана на прилагаемом чертеже.

Устройство содержит бункер 1, питатель 2, транспортирующий механизм 3, источник импульсного возбуждения 4, фотоприемник с оптическим фильтром, выделяющим необходимый диапазон длин волн, и усилителем сигнала люминесценции 5 (6), установленный либо со стороны падающего излучения, либо со стороны, противоположной падающему излучению, блок обработки 7 сигнала интенсивности люминесценции, выполненный в виде аналого-цифрового преобразователя с высокой частотой дискретизации и большим динамическим диапазоном, первый вход которого соединен с источником импульсного возбуждения 4 для синхронизации преобразования, второй вход которого соединен с фотоприемником 5 (6), блок вычисления величины соотношения компонент люминесценции 8, выполненный на базе цифрового процессора сигналов, первый вход которого соединен с источником импульсного возбуждения 4 для синхронизации преобразования, а выход - с блоком 9 управления исполнительным механизмом. 10 и 11 - приемники концентратного и хвостового продуктов.

Устройство работает следующим образом. Материал из бункера 1 поступает на питатель 2, а с него - на транспортирующий механизм 3 (как вариант - наклонный лоток), который подает материал в зону возбуждения. Источник импульсного возбуждения 4 формирует импульсы рентгеновского излучения. Из потока люминесценции минералов выделяют излучение в заданном диапазоне длин волн и преобразуют либо фотоприемником 5 (в варианте измерения интенсивности люминесценции со стороны падающего рентгеновского излучения), либо фотоприемником 6 (в варианте измерения интенсивности люминесценции со стороны, противоположной падающему рентгеновскому излучению) в электрические сигналы. Сигналы с источника импульсного возбуждения 4 поступают на блок обработки 7 и блок вычисления 8 для синхронизации преобразования. Сигналы с фотоприемника 5 (6) подаются на блок обработки 7 сигналов интенсивности люминесценции, который выполнен в виде аналого-цифрового преобразователя с высокой частотой дискретизации и большим динамическим диапазоном. Сигналы после обработки с выхода блока 7 подаются в блок 8, который вычисляет соотношение сигналов компонент люминесценции, выполненный на базе цифрового процессора сигналов, определяет критерий сортировки минералов и принимает решение об отделении полезного минерала в приемник концентрата 10.



Алгоритм вычисления соотношения компонент люминесценции следующий:  
оцифровывается сигнал U1 после действия импульса рентгеновского излучения до начала  
следующего импульса рентгеновского излучения с высокой частотой дискретизации и  
создается массив данных, каждый элемент которого пропорционален суммарной  
5 интенсивности быстрой и медленной компонент люминесценции минерала в данный  
момент времени. Цифровой процессор сигналов по определенной программе производит  
вычисление интенсивностей быстрой и медленной компонент люминесценции (J1, J2) на  
10 момент прекращения рентгеновского излучения. Рассчитывается величина критерия  
разделения по соотношению уровней расчетных интенсивностей быстрой и длительной  
компонент люминесценции, сравнение его с пороговым значением и отделение полезного  
15 минерала по результату сравнения. Для принятия решения "алмаз - не алмаз  
(сопутствующий люминесцирующий минерал)" сравнивается величина значения Kp с  
диапазоном Kпорог. Значение коэффициента в диапазоне  $0,7 < Kp < 1,2$  означает, что  
произошла регистрация алмаза, в этом случае дается команда на отделение полезного  
20 минерала в концентрат. Вариант, когда  $Kp > 2$  и  $Kp < 0,5$ , означает, что через зону  
регистрации прошел не алмаз, команда на отделение не выдается. К началу следующего  
импульса рентгеновского излучения осуществляется обнуление массивов данных, тем  
самым электронный тракт регистрации подготавливается для последующих измерений.  
Выработанные блоком 8 команды на отделение минералов поступают на блок выработки  
25 команд с исполнительным механизмом 9, который направляет полезный минерал (алмаз) в  
концентратный приемник 10. Остальной материал вместе с сопутствующими  
люминесцирующими минералами попадает в хвостовой приемник 11.

Применение предлагаемого способа сепарации по сравнению с известными способами  
позволяет сократить суммарное количество отсечек в 4-6 раз, повысить кондицию  
25 концентрата в 3-5 раз, уменьшить количество отсечек на один алмаз в 4-5 раз и довести  
его до значения 1,2 отсечки на алмаз и тем самым повысить селективность процесса.

#### Формула изобретения

Способ сепарации алмазосодержащих материалов, включающий возбуждение  
30 люминесценции посредством воздействия на материал импульсным рентгеновским  
излучением, преобразование люминесцентного светового потока, исходящего из  
подверженного излучению материала, находящегося в диапазоне максимума излучения  
медленной компоненты алмаза, в электрические сигналы, оцифровку полученной  
совокупности значений интенсивности люминесценции, вычисление значений  
35 интенсивностей быстрой и медленной компонент люминесценции на момент прекращения  
импульсного рентгеновского излучения, расчет величины коэффициента разделения,  
равного отношению интенсивностей быстрой и медленной компонент люминесценции, и  
при его значении, находящемся в диапазоне, заданном пороговыми значениями,  
направление сигнала на исполнительный механизм об отделении полезного минерала в  
40 концентратный приемник.

45

50