



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013109073/28, 01.03.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.03.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.03.2013

(45) Опубликовано: 10.07.2014 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2334974 C2, 27.09.2008. GB 2285127
A, 28.06.1995; . US 5789257 A, 04.08.1998; . RU
2151409 C1, 20.06.2000; . RU 2165132 C2,
10.04.2001

Адрес для переписки:

141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-
Кюри, 6, ООО "Нейтронные технологии"

(72) Автор(ы):

Быстрицкий Вячеслав Михайлович (RU),
Замятин Николай Иванович (RU),
Рогов Юрий Николаевич (RU),
Сапожников Михаил Григорьевич (RU),
Слепнёв Вячеслав Михайлович (RU),
Никитин Геннадий Маркович (RU),
Белоцерковский Сергей Ремович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Нейтронные технологии" (RU),
Открытое акционерное общество
"Акционерная компания "АПРОСА" (RU)**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АЛМАЗОВ В КИМБЕРЛИТЕ**

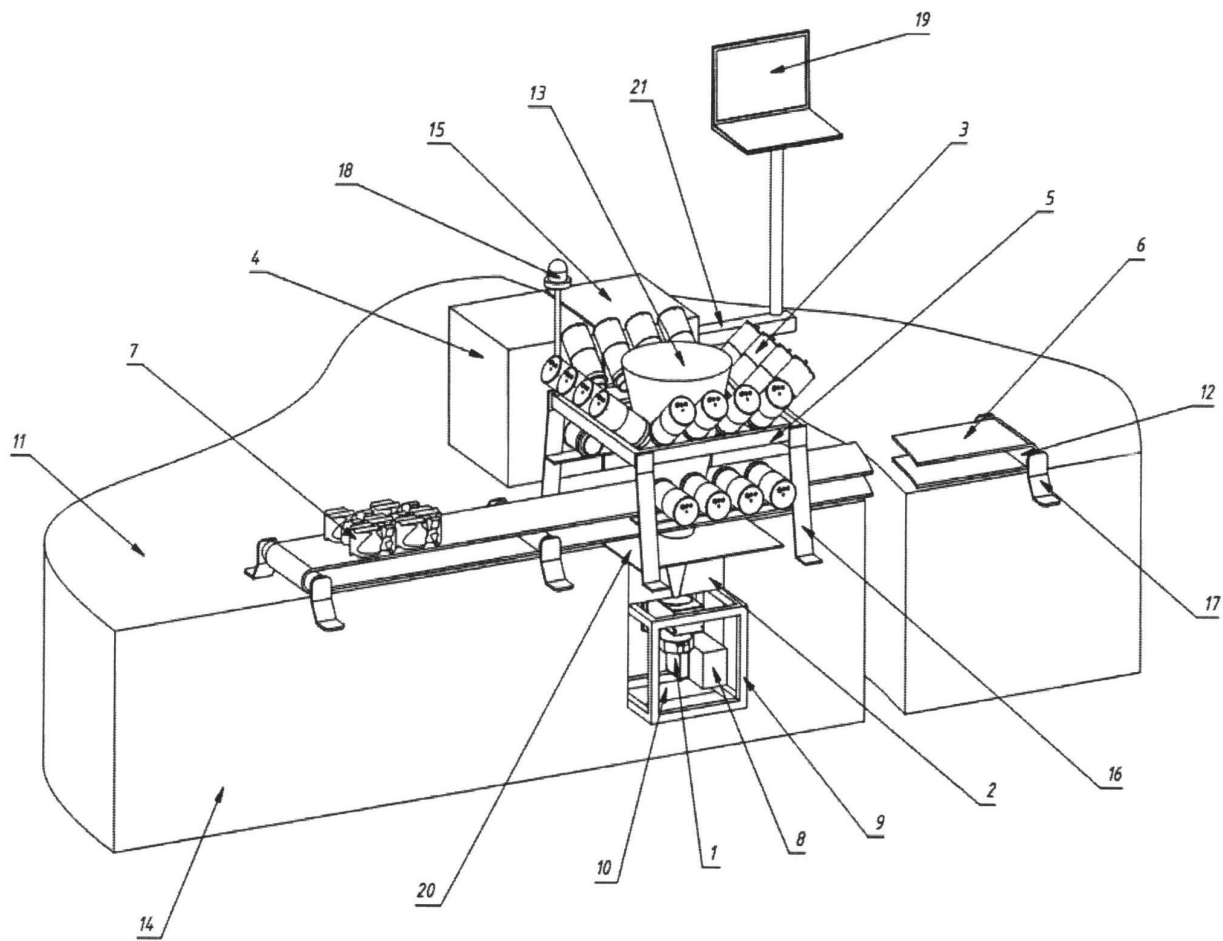
(57) Реферат:

Изобретение относится к области исследования или анализа материалов радиационными методами с измерением вторичной эмиссии характерного ядерного гамма-излучения, возникающего под действием быстрых нейтронов, в частности, для обнаружения алмазов в породе - кимберлите. Устройство для обнаружения алмазов в кимберлите содержит транспортер подачи кимберлита в область облучения его потоком быстрых нейтронов, под которым расположен ускоритель дейтронов в качестве источника быстрых нейтронов, детекторы излучения, расположенные над транспортером, систему питания, систему приема и анализа данных с детекторов излучения, систему управления устройством, при этом в качестве источника быстрых нейтронов используется портативный нейтронный генератор, в котором протекает бинарная реакция $d+t \rightarrow \alpha(3,5 \text{ МэВ})+n$ (14,1 МэВ), при этом портативный нейтронный генератор снабжен встроенным многоэлементным кремниевым альфа-

детектором, устройство снабжено системой детекторов гамма-излучения, расположенной над транспортером, альфа-детектор и система детекторов гамма-излучения соединены с электроникой приема и анализа данных, которая с помощью линий связи соединена с системой управления устройством; устройство снабжено защитой детекторов гамма-излучения от прямого попадания в них нейтронного излучения от портативного нейтронного генератора. В изобретении используется принципиально другой физический способ обнаружения алмазов, основанный на регистрации характеристического гамма-излучения, возникающего при неупругом рассеянии нейтронов на ядрах исследуемого вещества. Технический результат - обнаружение крупных алмазов (более 5 каратов) в кимберлите до стадии дробления кусков породы, предотвращение разрушения крупных алмазов, повышение производительности добычи крупных алмазов. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 521 723 C1

RU 2 521 723 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 23/222 (2006.01)
G01T 1/16 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013109073/28, 01.03.2013

(24) Effective date for property rights:
01.03.2013

Priority:

(22) Date of filing: 01.03.2013

(45) Date of publication: 10.07.2014 Bull. № 19

Mail address:

141980, Moskovskaja obl., g. Dubna, ul. Zholio-Kjuri, 6, OOO "Nejtronnye tekhnologii"

(72) Inventor(s):

Bystritskij Vjacheslav Mikhajlovich (RU),
Zamjatin Nikolaj Ivanovich (RU),
Rogov Jurij Nikolaevich (RU),
Sapozhnikov Mikhail Grigor'evich (RU),
Slepnev Vjacheslav Mikhajlovich (RU),
Nikitin Gennadij Markovich (RU),
Belotserkovskij Sergej Removich (RU)

(73) Proprietor(s):

Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"Nejtronnye tekhnologii" (RU),
Otkrytoe aktsionerное obshchestvo
"Aktsionernaja kompanija "ALROSA" (RU)

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING DIAMONDS IN KIMBERLITE**

(57) Abstract:

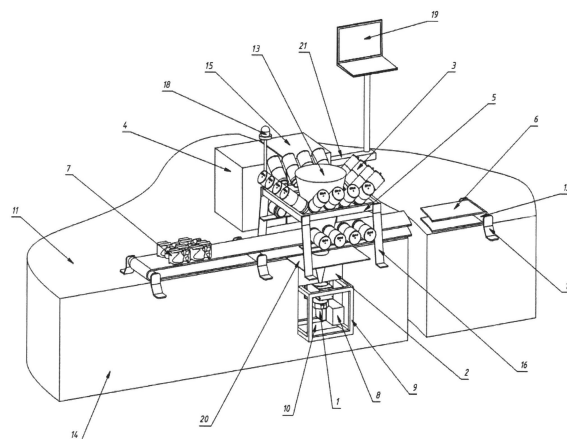
FIELD: physics.

SUBSTANCE: apparatus for detecting diamonds in kimberlite includes a conveyor for feeding kimberlite into a region for irradiation thereof with a stream of fast neutrons, under which there is a deuteron accelerator as a source of fast neutrons, radiation detectors mounted over the conveyor, a power supply system, a system for receiving and analysing data from the radiation detectors, an apparatus control system, wherein the source of fast neutrons used is a portable neutron generator in which the binary reaction $d+t \rightarrow \alpha(3.5 \text{ MeV}) + n(14.1 \text{ MeV})$ occurs. The portable neutron generator is equipped with a built-in multi-element silicon alpha-detector; the apparatus is equipped with a gamma-ray detector system mounted over the conveyor; the alpha-detector and gamma-ray detector system are connected to an electronic system for receiving and analysing data, which is connected by communication lines to the apparatus control system; the apparatus is equipped with means of protecting the gamma-ray detectors from direct neutron radiation from the portable neutron generator. The invention also employs a fundamentally dif-

ferent physical method of detecting diamonds, which is based on detecting characteristic gamma-rays resulting from inelastic neutron scattering on nuclei of the analysed substance.

EFFECT: detecting large diamonds in kimberlite before the cleavage stage, preventing breakup of large diamonds, high efficiency of extracting large diamonds.

2 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области исследования или анализа материалов радиационными методами с измерением вторичной эмиссии характерного ядерного гамма-излучения, возникающего под действием быстрых нейтронов, в частности, для обнаружения алмазов в породе - кимберлите.

5 Известно принятое за прототип устройство для классификации частиц в породе (устройство для классификации частиц) - патент РФ №2141109, содержащее нейтронный источник для облучения породы пучком быстрых нейтронов, детектор нейтронов для получения изображения куска породы, характеризующего степень пропускания пучка нейтронов через породу; в качестве источника нейтронов используется ускоритель
10 дейтронов на энергию 1-4 МэВ, бомбардирующей мишень из Li (^{12}C , ^8Be), расположенную в вакуумной камере ускорителя, с помощью которого возможно облучение породы потоками нейтронов с энергией, соответствующей резонансному уровню энергии для детектируемого вещества 7,8 МэВ (получение спектра зарегистрированных нейтронов после прохождения слоя породы с учетом резонансного
15 механизма их поглощения), и энергией, соответствующей процессу упругого рассеяния нейтронов на ядрах вещества породы в интервале от 7 до 8 МэВ (спектр зарегистрированных нейтронов с учетом их выбывания из потока за счет упругого их
20 рассеяния на ядрах породы), третье изображение, получающееся как результат вычитания первого спектра из второго, позволяет сделать заключение о наличии либо
отсутствии детектируемого вещества в породе. Устройство содержит также транспортер для подачи породы в область облучения ее потоком быстрых нейтронов. Источник нейтронов расположен под транспортером.

Общими существенными признаками прототипа-устройства, совпадающими с
25 существенными признаками предлагаемого технического решения, являются следующие: устройство для обнаружения алмазов в кимберлите, содержащее транспортер подачи кимберлита в область облучения его потоком быстрых нейтронов, под которым
расположен ускоритель дейтронов в качестве источника быстрых нейтронов, детекторы излучения, расположенные над транспортером, систему питания, систему приема и
30 анализа данных с детекторов излучения, систему управления устройством.

Из того же патента РФ №2141109 известен способ классификации частиц, при котором
облучают каждую частицу пучком быстрых нейтронов, получают для каждой частицы
изображение, характеризующее пропускание пучка частицей, и классифицируют частицу
на основании полученного изображения, при этом согласно изобретению каждую
35 частицу облучают пучком быстрых нейтронов при первом, резонансном, энергетическом уровне для алмаза, а также при втором энергетическом уровне, не являющемся
резонансным энергетическим уровнем для алмаза, получают для каждой частицы
соответствующие первое и второе изображения, характеризующие пропускание пучка
частицей при первом и втором энергетических уровнях, получают третье,
40 результирующее, изображение из первого и второго изображений, и классифицируют
частицу в зависимости от того, показывает ли третье изображение наличие алмаза в
частице или нет.

Общими существенными признаками способа-прототипа, совпадающими с
45 существенными признаками предлагаемого технического решения, являются следующие: способ обнаружения алмазов в кимберлите, при котором облучают куски кимберлита пучком быстрых нейтронов, получают информацию о наличии алмазов и производят сепарацию кусков кимберлита с алмазами на основании полученной информации.

Недостатками данного устройства и способа являются следующие:

1. Наличие ускорителя дейтронов на энергию 1-4 МэВ (устройство, эксплуатация

которого требует квалифицированного обслуживающего персонала) - громоздкого сооружения для получения потока быстрых нейтронов в области энергий 7-8 МэВ.

2. Использование специально изготовленных, особо чистых твердых мишеней из Li, ^{12}C , ^8Be для получения потока нейтронов с энергией 7-8 МэВ.

3. Отсутствие возможности получения простым путем интенсивных пучков моноэнергетических нейтронов. Это обусловлено тем, что в этом случае требуется вариация энергии дейтронов, падающих на твердую мишень, угла вылета нейтронов с данной энергией из мишени, а это сложная процедура, требующая от обслуживающего персонала определенных, непростых навыков в области формирования вторичных пучков нейтронов.

4. Выбор двух режимов работы ускорителя дейтронов, соответствующих образованию нейтронов с энергией 7,8 МэВ, с так называемой резонансной энергией, и режима, соответствующего нерезонансному рассеянию нейтронов на кимберлите.

5. Большое время анализа малого количества кимберлита на предмет обнаружения в нем алмаза.

6. Обнаружение алмазов в кимберлите требует получения изображения каждой массовой частицы кимберлита при двух режимах работы ускорителя (на двух режимах облучения кусочка кимберлита при двух значениях энергии нейтронов).

7. Заключение о наличии либо отсутствии алмаза в кусочках кимберлита базируется на анализе третьего изображения кусочка кимберлита, полученного путем вычитания одного спектра (резонансного спектра) из нерезонансного (спектра упругого рассеянных нейтронов, образующихся в результате рассеяния нейтронов с нерезонансной энергией на ядрах кимберлита).

8. Низкая чувствительность обнаружения алмазов в плане их массы. Третье изображение (разностный спектр) малоинформативно в плане идентификации алмазов в кимберлите (особенно алмазов малой массы), так как вклад в изменение формы разностного спектра и, в частности, в изменение функции распределения интенсивности проходящего потока нейтронов через слой кимберлита, соответствующее поглощению нейтронов алмазом, находящимся в кимберлите (масса которого существенно больше массы алмаза), крайне мал и лежит на уровне ошибок при поканальном вычитании одного спектра из другого. В этом случае, получается третье изображение не каждого из кусочков кимберлита, а некое усредненное изображение по толщине слоя кимберлита в направлении падающего на него пучка нейтронов.

9. Усреднение по толщине слоя кимберлита приводит к существенному уменьшению чувствительности предложенного способа обнаружения алмазов в кимберлите, или другими словами, это приводит к существенному увеличению значения минимально обнаруживаемой массы алмаза в кимберлите.

10. Данное устройство и способ, ввиду больших затрат времени на получение ответа - есть ли детектируемый алмаз в кусочке кимберлита или нет, крайне непроизводительны.

Предлагаемое изобретение предназначено для решения следующих технических задач - обнаружения крупных алмазов (более 5 каратов) в кимберлите до стадии дробления кусков породы, что позволит предотвратить разрушение крупных алмазов и приведет к значительному повышению производительности добычи крупных алмазов.

Для решения данных технических задач в устройстве для выявления и идентификации алмазов в кимберлите, содержащем транспортер подачи кимберлита в область облучения его потоком быстрых нейтронов, под которым расположен ускоритель дейтронов в качестве источника быстрых нейтронов, детекторы излучения, расположенные над транспортером, систему питания, систему приема и анализа данных с детекторов

излучения, систему управления устройством, в отличие от прототипа, в качестве источника быстрых нейтронов используется портативный нейтронный генератор, в котором протекает бинарная реакция $d+t \rightarrow \alpha(3,5 \text{ МэВ})+n(14,1 \text{ МэВ})$, где d - дейтроны, t - тритоны, α - альфа-частицы, n - нейтроны, при энергии дейтронов, падающих на тритиевую мишень, - 100 кэВ, при этом значения энергий альфа-частицы и нейтрона составляют 3,5 МэВ и 14,1 МэВ соответственно, при этом портативный нейтронный генератор снабжен встроенным многоэлементным кремниевым альфа-детектором, устройство снабжено системой детекторов гамма-излучения (предпочтительно на основе кристаллов BGO или LYSO), расположенной над транспортером, альфа-детектор и система детекторов гамма-излучения соединены с электроникой приема и анализа данных, которая с помощью линий связи соединена с системой управления устройством; устройство снабжено защитой детекторов гамма-излучения от прямого попадания в них нейтронного излучения от портативного нейтронного генератора (например, с помощью блоков из полиэтилена либо виде сэндвичей из полиэтилена и железа).

Отличительными признаками предлагаемого технического решения от известного, принятого за прототип, являются следующие: в качестве источника быстрых нейтронов используется портативный нейтронный генератор, в котором протекает бинарная реакция $d+t \rightarrow \alpha(3,5 \text{ МэВ})+n(14,1 \text{ МэВ})$, где d - дейтроны, t - тритоны, α - альфа-частицы, n - нейтроны, при энергии дейтронов, падающих на тритиевую мишень, - 100 кэВ, при этом значения энергий альфа-частицы и нейтрона составляют 3,5 МэВ и 14,1 МэВ соответственно, при этом портативный нейтронный генератор снабжен встроенным многоэлементным кремниевым альфа-детектором, устройство снабжено системой детекторов гамма-излучения, расположенной над транспортером, альфа-детектор и система детекторов гамма-излучения соединены с электроникой приема и анализа данных, которая с помощью линий связи соединена с системой управления устройством; устройство снабжено защитой детекторов гамма-излучения от прямого попадания в них нейтронного излучения от портативного нейтронного генератора.

Для обнаружения алмазов в кимберлите предлагается использовать принципиально другой физический способ, основанный на регистрации характеристического гамма-излучения, возникающего при неупругом рассеянии нейтронов на ядрах исследуемого вещества.

Для решения данных технических задач в способе обнаружения алмазов в кимберлите, при котором облучают куски кимберлита пучком быстрых нейтронов, получают информацию о наличии алмазов и производят сепарацию кусков кимберлита с алмазами на основании полученной информации, в отличие от прототипа, в качестве источника быстрых нейтронов используют портативный нейтронный генератор со встроенным многоэлементным кремниевым альфа-детектором, куски кимберлита облучают потоком быстрых нейтронов с энергией 14,1 МэВ и интенсивностью 10^8 - 2×10^8 н/с, с помощью гамма детекторов регистрируют характеристическое гамма-излучение, возникающее в результате неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах кимберлита, а с помощью встроенного в нейтронный генератор многоэлементного альфа-детектора регистрируют направление вылета быстрых нейтронов из тритиевой мишени нейтронного генератора (альфа-детектор производит так называемое мечение нейтронов, в дальнейшем используется термин - пучок меченых нейтронов), соответствующее направлению, противоположному направлению вылета альфа-частиц из мишени; число и положение пучков меченых нейтронов в пространстве определяется числом и положением элементов альфа-детектора относительно тритиевой мишени нейтронного генератора; с помощью системы приема и анализа данных с детекторов

гамма- и альфа-излучения регистрируют и анализируют спектры характеристического гамма-излучения от кимберлита в совпадениях с сигналами с альфа-детектора, соответствующие каждому векселю облучаемого куска кимберлита («векселем» называется элемент объема куска кимберлита, размеры которого составляют: в направлении потока меченых нейтронов размер векселя определяется временным разрешением системы (альфа-гамма)-совпадений, а в плоскости, перпендикулярной пучку меченых нейтронов, размеры векселя определяются линейными размерами, соответствующими размерам пикселя альфа-детектора, и соотношением расстояний от тритиевой мишени нейтронного генератора до альфа-детектора и до облучаемого куска кимберлита, находящегося в объеме каждого векселя, определяемого размерами соответствующего пикселя альфа-детектора); однозначное заключение о наличии либо отсутствии алмазов в облучаемом куске кимберлита делают на основании сравнения интенсивности линии характеристического гамма-излучения углерода с энергией 4,43 МэВ, измеренной в каждом из векселей, с интенсивностью данной линии, соответствующей уровню фона, найденному путем усреднения по всем векселям, принадлежащим облучаемому куску кимберлита, при этом критерием обнаружения алмазов в куске кимберлита является величина превышения интенсивности линии гамма-излучения с энергией 4,43 МэВ хотя бы в одном из векселей над уровнем фона.

Отличительными признаками предлагаемого технического решения от известного, принятого за прототип, являются следующие: в качестве источника быстрых нейтронов используют портативный нейтронный генератор со встроенным многоэлементным кремниевым альфа-детектором, куски кимберлита облучают потоком быстрых нейтронов с энергией 14,1 МэВ и интенсивностью $(1-2) \times 10^8$ н/с, с помощью гамма детекторов регистрируют характеристическое гамма-излучение, возникающее в результате неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах кимберлита, а с помощью встроенного в нейтронный генератор многоэлементного альфа-детектора регистрируют направление вылета быстрых нейтронов из тритиевой мишени нейтронного генератора, соответствующее направлению, противоположному направлению вылета альфа-частиц из мишени; число и положение пучков меченых нейтронов в пространстве определяется числом и положением элементов альфа-детектора относительно тритиевой мишени нейтронного генератора; с помощью системы приема и анализа данных с детекторов гамма- и альфа-излучения регистрируют и анализируют спектры характеристического гамма-излучения от кимберлита в совпадениях с сигналами с альфа-детектора, соответствующие каждому векселю облучаемого куска кимберлита; однозначное заключение о наличии либо отсутствии алмазов в облучаемом куске кимберлита делают на основании сравнения интенсивности линии характеристического гамма-излучения углерода с энергией 4,43 МэВ, измеренной в каждом из векселей, с интенсивностью данной линии, соответствующей уровню фона, найденному путем усреднения по всем векселям, принадлежащим облучаемому куску кимберлита, при этом критерием обнаружения алмазов в куске кимберлита является величина превышения интенсивности линии гамма-излучения с энергией 4,43 МэВ хотя бы в одном из векселей над уровнем фона.

Благодаря наличию данных отличительных признаков достигаются следующие технические результаты:

1. Устройство-прототип для обнаружения и идентификации в алмазов в кимберлите основано на регистрации и анализе спектров характеристического гамма-излучения ядер углерода, кислорода, азота, кальция и других химических элементов, содержащихся в кимберлите. Данное излучение возникает в результате протекания реакций неупругого

рассеяния быстрых нейтронов на ядрах указанных выше элементов, входящих в состав породы, например кимберлита. При этом данное характеристическое излучение имеет определенную энергию, что позволяет отличать один элемент от другого. Так, например, энергия характеристического гамма-излучения ядра углерода составляет 4,43 МэВ, кислорода - 6,13 МэВ, азота - 5,1 МэВ, кальция - 2,8 МэВ. Имеется возможность определить направление нейтрона, вылетевшего из мишени и падающего на объем слоя кимберлита, находящегося на транспортере, путем регистрации альфа-частицы (учитывая то обстоятельство, что альфа-частица и нейтрон разлетаются практически в противоположных направлениях); при этом моноэнергетические нейтроны с энергией 14,1 МэВ имеют большую проникающую способность в веществе породы по сравнению с нейтронами с энергией 7,8 МэВ, как в случае прототипа. По сути, нейтронный генератор с расположенным внутри него многоэлементным альфа-детектором является генератором меченых нейтронов. Мечение нейтрона осуществляется путем регистрации альфа-частицы определенным элементом альфа-детектора, соответствующим направлению вылета нейтрона с энергией 14,1 МэВ из тритиевой мишени.

2. Использование (альфа-гамма)-совпадений приводит к существенному подавлению фона, что позволяет выделить гамма-событие, являющееся результатом неупругого рассеяния нейтрона на ядрах породы (кимберлита). Реализация этого позволяет с высокой достоверностью обнаруживать малые массы алмазов в кусках кимберлита с линейными размерами до 10 см. Нет необходимости дробления кусков породы (кимберлита) на более мелкие, что наблюдается в случае использования прототипа устройства. Практически исключается возможность раскалывания крупных алмазов в результате необходимой процедуры дробления более крупных кусков кимберлита на более мелкие, как выполняется в случае прототипа.

3. Использование генератора меченых нейтронов позволяет за одно измерение сделать однозначное заключение о наличии либо отсутствии алмаза в куске кимберлита, размеры которого в плоскости, перпендикулярной направлению пучка меченых нейтронов, определяются линейными размерами альфа-детектора и соотношением между расстоянием от тритиевой мишени до альфа-детектора к расстоянию от тритиевой мишени до слоя кимберлита.

4. Отсутствует необходимость формирования двух нейтронных потоков при двух значениях энергии нейтронов: при резонансном в плане ядерного излучения ядер углерода и нерезонансном. Т.е. в случае использования портативного нейтронного генератора процедура формирования нейтронных пучков с различными энергиями, как таковая, не требуется. Это существенно сокращает время набора статистики зарегистрированного характеристического гамма-излучения, необходимой для достоверного обнаружения алмазов в кимберлите.

5. Использование реакции взаимодействия дейтронов с тритонами для генерации потока нейтронов, а также достаточно большой грануляции альфа-детектора, позволяет создать необходимое количество независимых пучков меченых нейтронов (нейтронных прожекторов), определяемое числом пикселей альфа-детектора. Это обстоятельство позволяет, в свою очередь, повысить интегральную интенсивность потока меченых нейтронов, испускаемого НГ (повысить «загрузку» каждого пикселя альфа-детектора). Таким образом, появляется реальная возможность набора требуемой статистики (альфа-гамма)-совпадений для обнаружения алмаза в кимберлите за гораздо меньшее время, чем это возможно в случае использования устройства-прототипа.

6. Использование многопиксельного альфа-детектора (создание большого количества пучков меченых нейтронов) позволяет разбить весь объем облучаемой породы -

кимберлита (находящегося на транспортере), на ряд субобъемов, соответствующих каждому из пучков меченых нейтронов, что, в свою очередь, позволяет существенно уменьшить минимально детектируемую массу алмаза, находящегося в куске кимберлита.

5 7. На основании анализа событий, зарегистрированных гамма-детекторами в совпадениях с сигналами, соответствующими определенным пикселям альфа-детектора, производится не только оценка уровня фона, но и анализ спектров гамма-излучения с целью обнаружения алмазов, находящихся в кусках кимберлита.

8. Производительность и эффективность (в части вероятности и веса обнаруживаемых алмазов) предлагаемой конструкции установки по поиску алмазов в кимберлите может
10 быть существенно повышена (в разы) как за счет наличия дополнительных модулей портативных нейтронных генераторов/гамма детекторов, установленных вдоль движения ленты транспортера, так и за счет повышения количества гамма-детекторов, предназначенных для регистрации характеристического ядерного гамма-излучения.

9. Измерение соотношений между интенсивностями линий характеристического
15 гамма-излучения позволяет получить информацию об элементном составе вещества, находящегося в объеме каждого векселя (вексель - элемент объема облучаемого вещества, определяемый размерами соответствующего пикселя альфа-детектора, соотношением расстояний от тритиевой мишени до альфа-пикселя и до объекта облучения), а также определенно выбранным размером векселя вдоль направления
20 падающего на него нейтронного потока. Так, например, в случае наличия алмаза в объеме векселя в спектре зарегистрированного гамма-излучения будет четко наблюдаться пик, соответствующий характеристическому гамма-излучению углерода. В случае же отсутствия алмаза в данном векселе проявление пика углерода практически отсутствует. Таким образом, для каждого векселя относительная площадь под пиком
25 углерода определяет массу алмаза, находящегося в нем.

10. Предлагаемое устройство для обнаружения алмазов в кимберлите характеризуется надежностью и простотой при его эксплуатации.

11. Обнаружение алмазов в кимберлите производится автоматически без участия оператора.

30 12. Предлагаемое устройство, кроме стационарного исполнения, может быть исполнено в мобильном варианте, что крайне важно для работы в полевых условиях на стадии поиска месторождений алмазов. Данное мобильное устройство включает в себя: портативный нейтронный генератор; детектор (детекторы) характеристического гамма-излучения на основе кристаллов BGO (LYSO); электронику приема и анализа
35 данных, полученных с альфа- и гамма-детекторов; питание нейтронного генератора, альфа- и гамма-детекторов, электроники приема и анализа данных; блок программ анализа данных с целью автоматического обнаружения детектируемых веществ в породе.

В минимальном исполнении вес мобильной установки составляет 40-50 кг.

40 Данное устройство может быть использовано как при промышленной переработке кимберлита для добычи алмазов, так и для выявления наличия алмазов в пробе при геологоразведке.

Предлагаемое техническое решение поясняется чертежами.

На фиг.1 изображена общая схема устройства с одним нейтронным генератором.

45 На фиг.2 изображена общая схема устройства с четырьмя нейтронными генераторами.

На фиг.3 приведены два экспериментальных спектра гамма-квантов характеристического излучения, зарегистрированных гамма-детекторами в совпадениях с сигналами с альфа-детектора при облучении потоком меченых нейтронов образцов:

а) - куска кимберлита без наличия алмаза в нем; б) куска кимберлита с имитатором алмаза массой 1,78 г в нем.

Изображенное на фиг.1, 2 устройство для обнаружения алмазов в кимберлите содержит конвейер 6 для подачи породы 7 в область облучения ее пучком меченых нейтронов - область 13, создаваемым портативным нейтронным генератором 1, расположенным под транспортером 6 (для увеличения производительности анализа породы устройство может содержать несколько элементов (изображенных на фиг.2), расположенных последовательно в ряд друг за другом), блок управления 8 нейтронным генератором 1, детекторы гамма-излучения 3, расположенные над транспортером 6, систему питания 4 альфа- (на фиг. не изображен) и гамма-детекторов 3, нейтронного генератора 1 и регистрирующей электроники, выполненную в стандарте Евромеханика, систему приема и анализа данных 15 с детекторов альфа- и гамма-излучения, пульт управления установкой 19 (интерфейс оператора). Портативный нейтронный генератор 1 снабжен встроенным многоэлементным кремниевым альфа-детектором (на фиг. не изображен), альфа-детекторы и система детекторов гамма-излучения 3 соединены с электроникой приема и анализа данных 15, которая с помощью линий связи 21 соединена с системой управления устройством 19. Для защиты кристаллов BGO (LYSO) гамма-детекторов 3 от прямой загрузки их нейтронным излучением, испущенным генератором нейтронов 1, предусмотрена защита 2, окружающая корпус нейтронного генератора 1, выполненная из железа либо выполненная в виде сэндвича из слоя железа и полиэтилена. Количество гамма-детекторов 3 определяется из условия того, чтобы время обнаружения алмаза в облучаемом куске кимберлита 7 не превышало 15 минут. Нейтронный генератор 1 и пульт его управления 8 располагаются на раме 9 в нише 10, в земле 14. На поверхности 11 земного полотна установлены опоры 17 для крепления конвейера 6. Перемещение ленты конвейера 6 осуществляется с помощью роликов 12. К раме 5, имеющей форму квадрата и установленной на опорах 16, крепятся гамма-детекторы 3, расположенные в двух плоскостях по вертикали над лентой конвейера 6. Для предотвращения попадания атмосферных осадков на установку возможно использование навеса из плексигласа над ней. Предлагаемое устройство может также располагаться внутри отапливаемого помещения. Пульт управления 19 устройством (рабочее место оператора установки) должен находиться на радиационно безопасном расстоянии от нейтронного генератора 1. На раме 5 закреплен световой индикатор 18, включенное состояние которого свидетельствует о наличии нейтронного излучения создаваемого нейтронным генератором 1. Для защиты нейтронного генератора 1 от пыли со стороны ленты конвейера 6 в верхней части ниши 10 предусмотрена тонкая крышка 20 из дюрала либо плексигласа.

Работа установки по обнаружению алмазов в кусках кимберлита сводится к следующему.

Перед началом работы по обнаружению алмазов в кимберлите производится включение альфа- и гамма-детекторов 3, системы приема и анализа данных 15. Затем, с помощью пульта управления устройством 19 производится включение нейтронного генератора 1 в режим подготовки его к работе. С помощью пульта управления 19 транспортер 6 приводится в движение.

Порода 7, в виде отдельных кусков кимберлита с линейными размерами до 10 см, полученных в результате предварительного дробления более крупных кусков кимберлита на специальной дробильной установке, поступает на подвижную ленту конвейера 6. Конвейер 6 автоматически останавливается тогда, когда очередная порция кимберлита заполняет пространство 13, вырезаемое пучками меченых нейтронов. С

помощью пульта управления установкой 19 (интерфейса оператора) подается сигнал на блок управления 8 нейтронным генератором 1, и происходит включение нейтронного генератора 1 в режим эмиссии нейтронного излучения. С этого момента времени происходит облучение выделенного объема кимберлита 13 потоком меченых нейтронов.

5 В режиме on-line информация с альфа- и гамма-детекторов 3 поступает на блок электроники 15 приема и предварительного отбора событий, зарегистрированных данными детекторами. Информация о зарегистрированных событиях гамма-детекторами 3 в совпадениях с сигналами с альфа-детектора после процедуры предварительного отбора поступает по Ethernet-кабелю 21 с выхода блока 15 на вход блока управления

10 установкой 19 (интерфейс оператора). В течение определенного времени, задаваемого программой идентификации алмазов, производится набор требуемой статистики зарегистрированных (альфа-гамма)-совпадений для получения ответа на вопрос: наблюдается ли наличие алмазов в облучаемой массе кимберлита 7 или же нет? По окончании набора требуемой статистики нейтронный генератор 1 автоматически

15 отключается, и на дисплее интерфейса 19 оператора появляется однозначная информация о наличии либо отсутствии алмазов в том количестве кимберлита 7, которое подверглось облучению потоком меченых нейтронов.

На фиг.3 изображены два реальных экспериментальных спектра гамма-квантов характеристического излучения углерода (алмаза), зарегистрированного гамма-

20 детекторами 3 в совпадениях с сигналами с альфа-детектора: а) кусок кимберлита без наличия алмаза в нем; б) кусок кимберлита с алмазом массой 1,78 г в нем. Как видно на фиг.3, обнаружение углерода (алмазов) в кимберлите возможно путем сравнения интенсивностей линии характеристического излучения углерода (алмаза) с энергией 4,43 МэВ, измеренных для каждого векселя куска кимберлита, с интенсивностью данной

25 линии, найденной путем усреднения интенсивности данной линии по всем векселям (уровень фона), принадлежащим данному облучаемому куску кимберлита. Наличие превышения измеренной интенсивности линии 4,43 МэВ хотя бы для одного векселя над уровнем фона.

Далее, с помощью пульта управления установкой 19 производится перемещение

30 ленты конвейера 6 на расстояние, равное линейному размеру зоны облучения кимберлита 7 в плоскости ленты конвейера 6, в направлении ее движения. Затем, вновь включается нейтронный генератор 1 и производится обследование очередной порции кимберлита 7 на предмет наличия в ней алмазов. Таким образом, последовательно шаг за шагом производится обследование всего количества добываемого кимберлита.

35 Порция кимберлита, в которой обнаружен алмаз (алмазы), вручную или механически перемещается на дальнейшую обработку, а остальная порода идет в отвал.

Формула изобретения

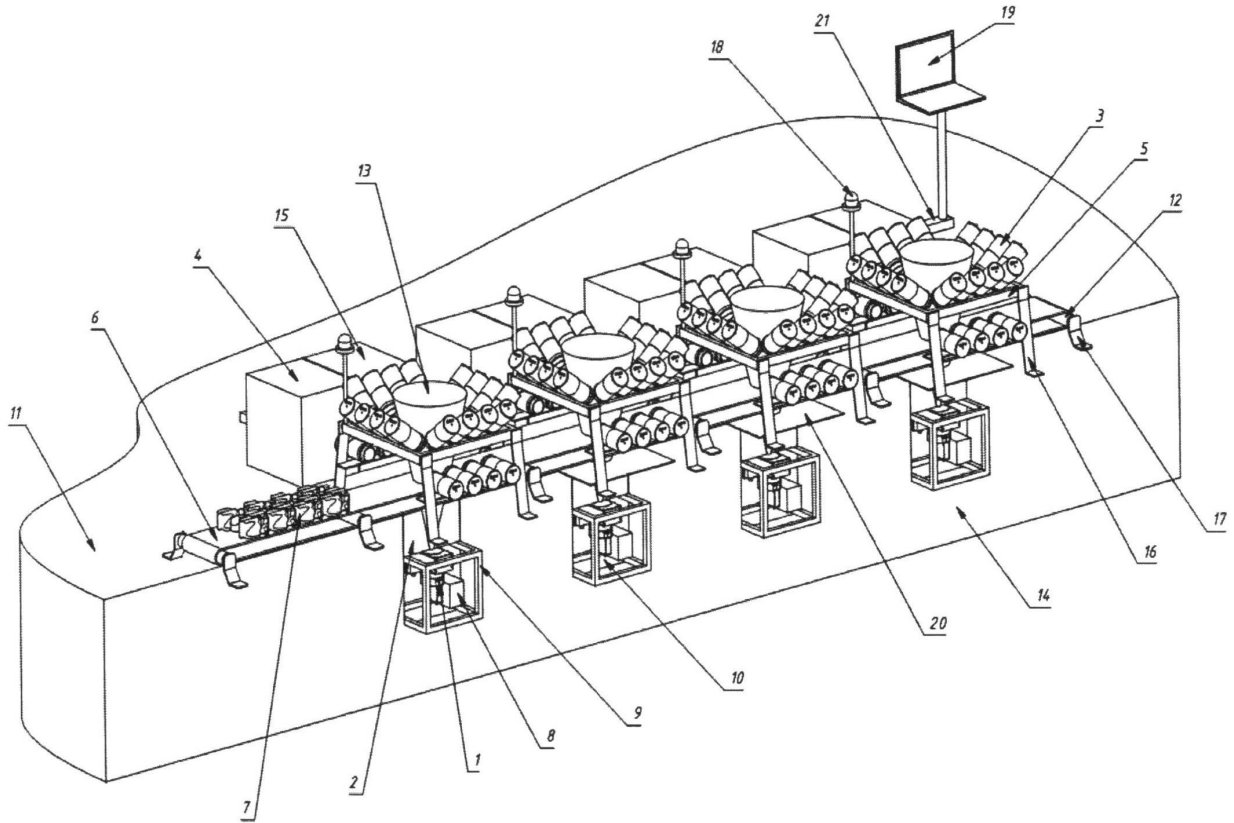
1. Устройство для обнаружения алмазов в кимберлите, содержащее транспортер

40 подачи кимберлита в область облучения его потоком быстрых нейтронов, под которым расположен ускоритель дейтронов в качестве источника быстрых нейтронов, детекторы излучения, расположенные над транспортером, систему питания, систему приема и анализа данных с детекторов излучения, систему управления устройством, отличающееся тем, что в качестве источника быстрых нейтронов используется портативный

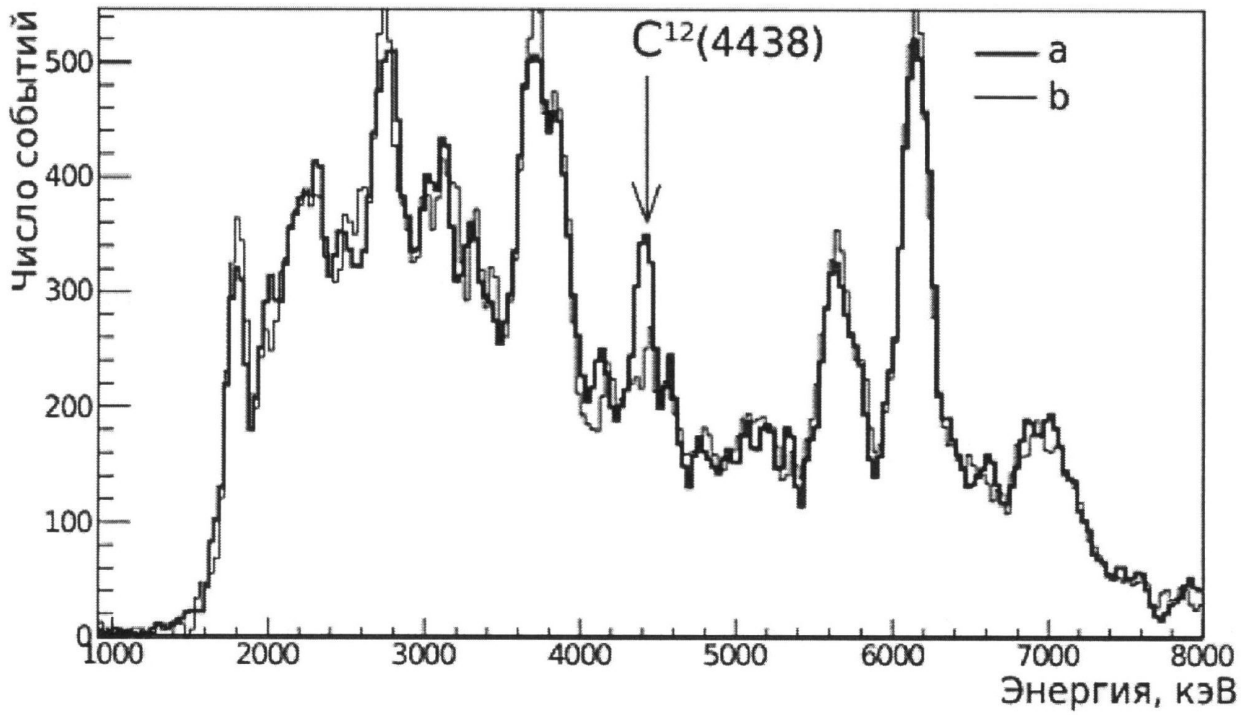
45 нейтронный генератор, в котором протекает бинарная реакция $d+t \rightarrow \alpha(3,5 \text{ МэВ}) + n(14,1 \text{ МэВ})$, где d - дейтроны, t - тритоны, α - альфа-частицы, n - нейтроны, при энергии дейтронов, падающих на тритиевую мишень, - 100 кэВ, при этом значения энергий альфа-частицы и нейтрона составляют 3,5 МэВ и 14,1 МэВ соответственно, при этом

портативный нейтронный генератор снабжен встроенным многоэлементным кремниевым альфа-детектором, устройство снабжено системой детекторов гамма-излучения, расположенной над транспортером, альфа-детектор и система детекторов гамма-излучения соединены с электроникой приема и анализа данных, которая с помощью линий связи соединена с системой управления устройством; устройство снабжено защитой детекторов гамма-излучения от прямого попадания в них нейтронного излучения от портативного нейтронного генератора.

2. Способ обнаружения алмазов в кимберлите, при котором облучают куски кимберлита пучком быстрых нейтронов, получают информацию о наличии алмазов и производят сепарацию кусков кимберлита с алмазами на основании полученной информации, отличающийся тем, что в качестве источника быстрых нейтронов используют портативный нейтронный генератор со встроенным многоэлементным кремниевым альфа-детектором, куски кимберлита облучают потоком быстрых нейтронов с энергией 14,1 МэВ и интенсивностью 10^8 - 2×10^8 н/с, с помощью гамма-детекторов регистрируют характеристическое гамма-излучение, возникающее в результате неупругого рассеяния быстрых нейтронов на ядрах кимберлита, а с помощью встроенного в нейтронный генератор многоэлементного альфа-детектора регистрируют направление вылета быстрых нейтронов из тритиевой мишени нейтронного генератора, соответствующее направлению, противоположному направлению вылета альфа-частиц из мишени; число и положение пучков меченых нейтронов в пространстве определяется числом и положением элементов альфа-детектора относительно тритиевой мишени нейтронного генератора; с помощью системы приема и анализа данных с детекторов гамма- и альфа-излучения регистрируют и анализируют спектры характеристического гамма-излучения от кимберлита в совпадениях с сигналами с альфа-детектора, соответствующие каждому векселю облучаемого куска кимберлита; однозначное заключение о наличии либо отсутствии алмазов в облучаемом куске кимберлита делают на основании сравнения интенсивности линии характеристического гамма-излучения углерода с энергией 4,43 МэВ, измеренной в каждом из векселей, с интенсивностью данной линии, соответствующей уровню фона, найденному путем усреднения по всем векселям, принадлежащим облучаемому куску кимберлита, при этом критерием обнаружения алмазов в куске кимберлита является величина превышения интенсивности линии гамма-излучения с энергией 4,43 МэВ хотя бы в одном из векселей над уровнем фона.



Фиг. 2



Фиг. 3