



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2010149620/28, 06.12.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**06.12.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **06.12.2010**(45) Опубликовано: **27.02.2012** Бюл. № 6(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2226686 C1, 20.11.2000. RU 2185614 C1, 20.07.2002. RU 2238545 C2, 20.10.2004. US 4756866 A, 12.07.1988. US 5153439 A, 06.10.1992. US 5144140 A, 01.09.1992. US 5159617 A, 27.10.1992.**

Адрес для переписки:

**117991, Москва, В-333, ГСП-1, Ленинский пр-кт, 53, Учреждение Российской академии наук Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, патентный отдел**

(72) Автор(ы):

**Карев Александр Иванович (RU),  
Раевский Валерий Георгиевич (RU),  
Джилалян Леонид Завернович (RU),  
Бразерс Лу Джозеф (US),  
Вилхайд Лари Кеннеф (US)**

(73) Патентообладатель(и):

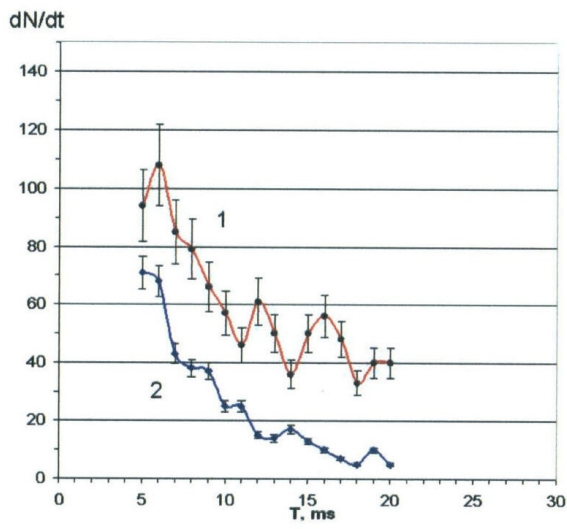
**Учреждение Российской академии наук  
Физический институт им. П.Н. Лебедева  
РАН (ФИАН) (RU)**

**(54) СПОСОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ СКРЫТЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ И НАРКОТИКОВ**

(57) Реферат:

Использование: для идентификации скрытых взрывчатых веществ и наркотиков. Сущность: заключается в том, что осуществляют облучение исследуемого вещества, содержащего азот и/или углерод, импульсом гамма-излучения, регистрацию вторичного излучения от продуктов распада, образованных изотопами азота-12 и бора-12, регистрацию временного спектра сигналов вторичного излучения, определение по результатам анализа временного спектра относительного содержания азота и углерода, идентификацию исследуемого вещества по его углеродному и азотному составу путем сравнения с эталонными значениями базы данных, при этом временной спектр вторичного излучения регистрируют в ограниченном по длительности временном интервале, начинающемся после окончания

импульса облучения с временной задержкой, обработку спектра проводят путем преобразования измеренного дифференциального временного спектра в интегральный, определение относительного содержания в образце азота и/или углерода проводят для нескольких временных интервалов измеренного спектра, достоверность обнаружения веществ, содержащих азот или углерод, определяют путем сравнения значений относительных количеств азота и углерода в образце, рассчитанных для разных временных интервалов. Технический результат: повышение точности и достоверности работы фотоядерного детектора обнаружения взрывчатых веществ и наркотических средств при одновременном увеличении его производительности. 2 з.п. ф-лы, 3 ил., 1 табл.



Фиг.1

RU 2444003 C1

RU 2444003 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01N 23/22* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010149620/28, 06.12.2010**

(24) Effective date for property rights:  
**06.12.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **06.12.2010**

(45) Date of publication: **27.02.2012 Bull. 6**

Mail address:

**117991, Moskva, V-333, GSP-1, Leninskij pr-kt,  
53, Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk  
Fizicheskij institut im. P.N. Lebedeva RAN,  
patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Karev Aleksandr Ivanovich (RU),  
Raevskij Valerij Georgievich (RU),  
Dzhilavjan Leonid Zavenovich (RU),  
Brazers Lu Dzhozef (US),  
Vilkhajd Lari Kenef (US)**

(73) Proprietor(s):

**Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk  
Fizicheskij institut im. P.N. Lebedeva RAN  
(FIAN) (RU)**

**(54) METHOD OF IDENTIFYING CONCEALED EXPLOSIVES AND NARCOTIC DRUGS**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

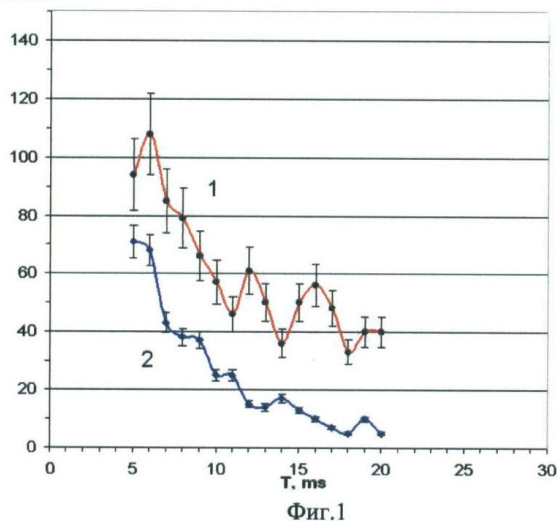
SUBSTANCE: analysed substance containing nitrogen and/or carbon is irradiated with a pulse of gamma-radiation. Secondary radiation from decay products formed by nitrogen-12 and boron-12 isotopes is picked up. The time spectrum of secondary radiation signals is recorded. The abundance ratio of nitrogen and carbon is determined from the obtained time spectrum analysis results. The analysed substance is identified based on its carbon and nitrogen composition through comparison with standard values from a data base. The time spectrum of the secondary radiation is recorded in a limited time interval, which starts from the end of the radiation pulse with time delay. The spectrum is processed by converting the measured differential time spectrum into an integral time spectrum. Determination of the abundance ratio of nitrogen and/or carbon in the sample is carried out for several time intervals of the measured spectrum. Accuracy of detecting substances containing nitrogen or carbon is determined by comparing values of

abundance ratio of nitrogen and oxygen in the sample, calculated for different time intervals.

EFFECT: high accuracy and reliability of a photonuclear detector of explosive and narcotic substances with simultaneous increase in efficiency thereof.

3 cl, 3 dwg

dN/dt

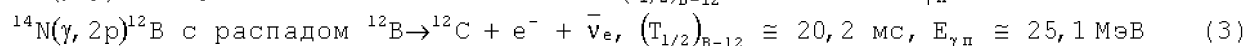
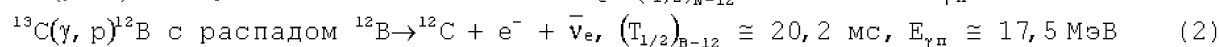
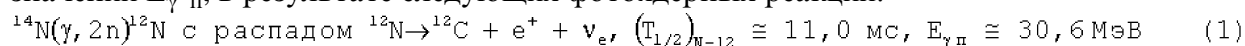


RU 2 4 4 4 0 0 3 C 1

RU 2 4 4 4 0 0 3 C 1

Изобретение относится к области обнаружения скрытых взрывчатых веществ (ВВ) и наркотических средств (НС) методом фотоядерного детектирования и может быть использовано в стационарных и подвижных установках, например, при досмотре багажа авиапассажира, таможенном досмотре или разминировании территорий в рамках гуманитарных акций.

Известный метод фотоядерного детектирования скрытых ВВ и НС был предложен в [1] и развит в [2-4]. Этот метод относится к эффективным и быстродействующим методам прямого обнаружения ВВ и НС и заключается в регистрации продуктов распада короткоживущих изотопов  $^{12}\text{B}$  (бор-12) и  $^{12}\text{N}$  (азот-12), имеющих периоды полураспада  $T_{1/2} \cong 20,2$  и  $11,0$  мс соответственно. Эти изотопы образуются на ядрах  $^{14}\text{N}$  (содержание изотопа в естественной смеси  $\eta \cong 99,63\%$ ) и  $^{13}\text{C}$  ( $\eta \cong 1,107\%$ ), чьи химические элементы азот и углерод составляют основу всех современных ВВ и природных НС при их облучении падающими гамма-квантами с энергией  $E_\gamma$ , большей пороговых значений  $E_{\gamma\text{п}}$ , в результате следующих фотоядерных реакций:



Выбор этих реакций в качестве маркирующих обеспечивает высокую селективность обнаружения веществ, содержащих азот и/или углерод, т.к. при облучении любых других химических элементов гамма-пучком с  $E_\gamma < \sim 55$  МэВ практически не образуются никакие другие изотопы с  $T_{1/2} \approx (1 \div 100)$  мс. Изотопы  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$  являются  $\beta$ -активными и в процессе распада испускают электроны и позитроны с максимальной энергией  $\sim 13$  МэВ и  $\sim 17$  МэВ соответственно, которые, тормозясь в веществе, в свою очередь испускают вторичные гамма-кванты. Все вторичные гамма-кванты как только что указанные тормозные, так и от девозбуждения образуемых в распадах ядер  $^{12}\text{C}$ , а также от аннигиляции испускаемых при распадах  $^{12}\text{N}$  позитронов, вместе с электронами и позитронами составляют вторичные продукты распадов и могут быть зарегистрированы детектором. Следовательно, если облучить обследуемый объект импульсом длительностью порядка нескольких микросекунд достаточно энергичного гамма-излучения, то в последующем за ним временном интервале до  $\sim 100$  мс он откликнется при наличии в нем достаточной концентрации азота и/или углерода потоком вторичных частиц от распада изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$ . В противном случае этого потока в измеряемый промежуток времени не будет.

Таким образом, ввиду уникальности и малости периодов полураспада радионуклидов, образующихся при указанном облучении азота и/или углерода, и с учетом того, что как иницирующее облучение, так и полезный сигнал формируются потоками гамма-излучения, обладающего большой проникающей способностью, детектор ВВ и НС, использующий фотоядерный метод обнаружения, должен обладать высокими эксплуатационными характеристиками: большой чувствительностью по глубине обнаружения в скрывающем веществе и быстродействием, что подтверждается результатами компьютерного моделирования его работы [5].

Успех реализации любого метода обнаружения ВВ и НС во многом определяется его селективностью. При использовании фотоядерной методики наряду с «полезными» сигналами от ВВ и НС возможно появление «ложных» сигналов от веществ, не являющихся ВВ или НС, но содержащих азот или углерод. Особое значение подавление ложных срабатываний имеет в установках для досмотра багажа авиапассажира, когда источниками ложных сигналов могут быть различные

объекты, содержащие прежде всего углерод (полимерные материалы, натуральные ткани или пищевые продукты). При работе фотоядерного детектора в акциях по гуманитарному разминированию источниками ложных сигналов могут стать различные биологические объекты в почве и азотсодержащие удобрения.

В работе [4] предложен способ идентификации скрытых ВВ и НС, выбранный в качестве прототипа, основанный на анализе временного распределения сигналов вторичного излучения при использовании фотоядерного метода обнаружения.

Суть этого способа заключается в следующем. При однократном облучении исследуемого вещества, содержащего азот и/или углерод, пучком гамма-квантов с энергией более 31 МэВ в нем в результате реакций (1)-(3) образуются ядра короткоживущих изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$ . Относительная концентрация этих изотопов однозначно связана с относительной концентрацией азота и углерода в облучаемом веществе и определяет уникальный «портрет» исследуемого вещества. Распадаясь, изотопы  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$  формируют поток вторичного излучения, форма временной зависимости которого определяется периодами полураспада изотопов и их начальной относительной концентрацией. Как известно, закон изменения числа радиоактивных ядер одного элемента со временем есть:

$$N(t) = N_0 \times \exp(-\lambda \times t) \quad (4)$$

где  $N(t)$  - число нераспавшихся ядер к моменту времени  $t$ ;  $N_0$  - исходное число образованных ядер (при  $t=0$ );  $\lambda$  - константа распада ( $\lambda = \ln(2)/T_{1/2}$ ).

Для распада интересующих изотопов двух элементов получаем:

$$N(t) = N_{0(N-12)} \times \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t) + N_{0(B-12)} \times \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t) \quad (5)$$

$$\text{при } t=0: N_{0\Sigma} = N_{0(B-12)} + N_{0(N-12)} \quad (6)$$

где  $\lambda_{(N-12)}$  и  $\lambda_{(B-12)}$  - константы распада для  $^{12}\text{N}$  и  $^{12}\text{B}$ , соответственно;

$N_{0(N-12)}$  и  $N_{0(B-12)}$  - числа образовавшихся ядер  $^{12}\text{N}$  и  $^{12}\text{B}$ , соответственно;

$N_{0\Sigma}$  - суммарное число образовавшихся ядер радиоактивных изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$ .

Анализируя после окончания импульса облучения форму и ход временной зависимости потока вторичного излучения от распадов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$ , можно определить начальную относительную концентрацию изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$  и идентифицировать исследуемое вещество.

Результаты анализа временного спектра продуктов распада изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$  представляются в виде значений параметра  $k$ , определенного как:

$$k = k_{N-12} = 1 - k_{B-12} \quad (7)$$

где  $k_{B-12} = N_{0(B-12)}/N_{0\Sigma}$ ,  $k_{N-12} = N_{0(N-12)}/N_{0\Sigma}$ .

Знание значения  $k$  позволяет определить принадлежность облученного вещества к ВВ и НС, а путем сравнения результатов, полученных при работе детектора с результатами, полученными при облучении эталонных образцов, идентифицировать ВВ и НС.

Однако в реальных условиях работы заявленным в [4] устройством регистрируется дифференциальный временной спектр, где в каждом измеряемом временном интервале (bin) регистрируется количество распадов этих изотопов, т.е.  $n\{t\} = (dN/dt) \times \Delta t$ , так что измеряемое в процессе работы установки временное распределение регистрируемых детектором событий от распадов изотопов  $^{12}\text{N}$  и  $^{12}\text{B}$  описывается выражением:

$$n\{t\} = \lambda_{(N-12)} \times N_{0(N-12)} \times \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t) \times \Delta t + \lambda_{(B-12)} \times N_{0(B-12)} \times \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t) \times \Delta t, \quad (8)$$

где  $\Delta t$  - ширина канала измеряемого временного распределения.

5 Определенная сложность обработки получаемых сигналов обусловлена тем, что накопление сигналов для построения временного распределения в реальном детекторе ВВ и НС можно проводить лишь в течение некоторого ограниченного временного  
 10 интервала. В первые несколько миллисекунд после окончания облучения в гамма-детектор поступают многочисленные гамма-кванты, связанные прежде всего с реакциями  $(n, \gamma)$ , вызываемыми фотонейтронами, которые способны сильно исказить результаты измерений. Поэтому анализ временного спектра можно начинать только  
 15 после окончания импульса облучения с некоторой задержкой. С другой стороны, продолжительность накопления также ограничена требованиями обеспечения заданного быстродействия детектора. Последнее особенно актуально при режиме сканирования обследуемого образца, когда для получения полной картины необходимо провести многократное облучение различных зон. Таким образом, из-за  
 20 ограничений, накладываемых на временной интервал накопления распадной кривой, оказывается невозможным непосредственное измерение величины  $N_{0\Sigma}$  и прямое вычисление значения  $k$ , что снижает производительность установки, а также точность и достоверность полученных результатов.

20 Задачей, решаемой предлагаемым изобретением, является повышение точности и достоверности работы фотоядерного детектора обнаружения ВВ и НС при одновременном увеличении его производительности.

Поставленная задача решается заявляемым способом, суть которого заключается в  
 25 следующем. После окончания облучения обследуемого объекта импульсом первичного гамма-излучения регистрация временного спектра вторичного излучения начинается с временной задержкой длительностью в несколько миллисекунд и длится на протяжении времени, сравнимом с периодами полураспада изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$ . После этого зарегистрированный временной спектр сигналов преобразуется из  
 30 дифференциальной в интегральную форму. Затем путем анализа нескольких участков интегрального временного спектра вычисляются соответствующие этим временным интервалам значения  $k$ . Далее, анализируя совокупность вычисленных значений  $k$ , определяется принадлежность облученного вещества к азот- или углеродсодержащим  
 35 веществам.

Предлагаемый способ позволяет определять значение  $k$ , исходя из двух измеренных значений  $n(t)$ , соответствующих разным моментам времени  $t$ . В этом случае получим систему из двух уравнений, линейных по отношению к искомым  $N_{0(N-12)}$  и  $N_{0(B-12)}$ :

$$40 \begin{cases} n\{t_i\} = \lambda_{(N-12)} \times N_{0(N-12)} \times \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_i) \times \Delta t + \lambda_{(B-12)} \times N_{0(B-12)} \times \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_i) \times \Delta t \\ n\{t_j\} = \lambda_{(N-12)} \times N_{0(N-12)} \times \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_j) \times \Delta t + \lambda_{(B-12)} \times N_{0(B-12)} \times \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_j) \times \Delta t \end{cases} \quad (9)$$

Решение системы (9) даст значения  $N_{0(N-12)}$ ,  $N_{0(B-12)}$  и  $k = N_{0(N-12)} / (N_{0(N-12)} + N_{0(B-12)})$ . Применяя описанную процедуру к совокупности значений  $i$  и  $j = i + 1$ , можно  
 45 получить последовательность значений  $k_i$ , относящихся к каждому интервалу  $\Delta t$  временного спектра.

Чтобы уменьшить статистическую погрешность при определении величин  $N_{0(N-12)}$ ,  $N_{0(B-12)}$  и соответственно  $k$ , вызванную относительно небольшой статистикой, накопленной в каждом отдельном канале временного распределения, можно перейти  
 50 от дифференциальной формы описания процесса распада изотопов к его интегральному описанию и работать с суммарным числом событий, накопленных в нескольких каналах, соответствующих, скажем, временному промежутку  $(t_2 - t_1)$ . В этом

случае разница между количеством нераспавшихся ядер к моментам времени  $t_1$  и  $t_2$  равна:

$$N\{t_1\} - N\{t_2\} = N_{0(N-12)} \times \left[ \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_1) - \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_2) \right] + \\ + N_{0(B-12)} \times \left[ \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_1) - \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_2) \right] = \sum p_i, \quad (10)$$

где  $\sum p_i$  - сумма событий, зарегистрированных в каналах, соответствующих интервалу  $(t_2-t_1)$ . А если взять два временных промежутка  $(t_2-t_1)$  и  $(t_4-t_3)$ , то из соответствующих уравнений типа (10) получим систему, аналогичную системе (9):

$$\sum p_i = N_{0(N-12)} \times \left[ \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_1) - \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_2) \right] + N_{0(B-12)} \times \left[ \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_1) - \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_2) \right], \\ \sum p_j = N_{0(N-12)} \times \left[ \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_3) - \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_4) \right] + N_{0(B-12)} \times \left[ \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_3) - \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_4) \right], \quad (11)$$

где  $\sum p_i$  и  $\sum p_j$  - суммы сигналов, накопленные в каналах, соответствующих временным интервалам  $(t_2-t_1)$  и  $(t_4-t_3)$ . Решение системы (11) относительно значений  $N_{0(N-12)}$  и  $N_{0(B-12)}$  позволяет найти и значения  $k$ .

При соответствующем выборе  $t_1, t_2, t_3$  и  $t_4$  интегральное описание позволяет получать значения  $N_{0(N-12)}, N_{0(B-12)}$  и  $k$  (назовем их здесь «оптимальными»), связанные с полным числом событий, накопленных во всех каналах измеренного временного спектра, и заданные с наилучшей доступной в проведенном измерении статистической точностью (или близкой к ней).

В то же время интегральное описание позволяет получать также со сравнительно высокой статистической точностью значения  $N_{0(N-12)}, N_{0(B-12)}$ , которые можно приписать тем или иным способом временным интервалам измеренного спектра. Одним из таких способов, который предлагается здесь, является следующий: для измеренного временного спектра в интервале от начального момента времени  $t_1$  до конечного  $t_{кон}$  находятся определенные выше «оптимальные» интегральные значения  $N_{0(N-12)}$  и  $N_{0(B-12)}$ , а также  $N(t_1) = N_{0(N-12)} \times \exp(-\lambda_{(N-12)} \times t_1) + N_{0(B-12)} \times \exp(-\lambda_{(B-12)} \times t_1)$  (в согласии с уравнением (5)), далее путем последовательного поканального вычитания находятся:

$$N(t_1) = N(t_1); \quad N(t_2) = N(t_1) - \Delta n_2; \quad N(t_3) = N(t_2) - \Delta n_3; \quad N(t_4) = N(t_3) - \Delta n_4; \quad N(t_5) = N(t_4) - \Delta n_5; \quad \dots \quad (12)$$

и т.д. В итоге из экспериментальных данных по измерению дифференциального спектра строится интегральное распределение  $N(t)$  для ограниченного временного интервала. Это распределение имеет значительно большую статистическую обеспеченность и позволяет со значительно лучшей точностью определить параметр  $k$  (используя (5)-(7)) как функцию  $k(t)$  во всем анализируемом временном интервале.

Получение такой последовательности значений  $k(t)$  в каждой измеренной точке дает информацию о достоверности результата идентификации вещества на наличие азота и/или углерода или об их отсутствии. В идеальном случае при наличии азота и/или углерода функция  $k(t)$  описывается прямой с углом наклона к временной оси, равным нулю. В противном случае аппроксимирующая функцию  $k(t)$  прямая имеет угол наклона к временной оси, сильно отличающийся от нуля. Это описание может служить дополнительным критерием достоверности результата. Кроме того, указанное выше «оптимальное» значение  $k$  дает значение «фотоядерного портрета вещества», т.е. характеризует наличие в веществе азота и/или углерода и их относительные концентрации.

Таким образом, заявляемое изобретение в отличие от прототипа [4] предлагает

способ анализа измеренных фотоядерным детектором данных, полученных в реальных условиях, и вводит новый критерий, определяющий достоверность обнаружения веществ, содержащих азот или углерод, а именно:

1. Предложен способ перехода к описанию измеренных дифференциальных спектров к интегральной форме, что существенно повышает статистическую точность измерений.

2. Предложен способ анализа временных спектров в ограниченном временном интервале. Ограничение со стороны малых времен позволяет ослабить влияние на временной спектр фоновых процессов, обусловленных прежде всего фотонейтронами, образующимися при взаимодействии электронного пучка с отдельными частями установки. Ограничение со стороны больших времен увеличивает общее быстродействие детектора.

3. Предложен критерий достоверности результата, основанный на анализе зависимости от времени значений  $k$ , вычисленных для различных временных интервалов.

Изобретение иллюстрируется следующим примером.

Для подтверждения эффективности заявляемого способа было проведено моделирование его применения к задаче поиска и идентификации скрытых взрывчатых веществ в условиях, имитирующих инспекцию багажа, в установках контроля в аэропортах, таможенных терминалах и т.п.

С помощью компьютерного моделирования, учитывающего процессы, происходящие в облучаемом образце, выход вторичного излучения и его регистрацию детектором вторичного излучения, моделировалась процедура обнаружения и идентификации ВВ. Определялось значение параметра  $k_{ист}$ , равное отношению образовавшихся в образце ядер изотопа  $^{12}N(N_{0(N-12)})$  к общему числу образованных ядер радионуклидов  $N_{0\Sigma}$ , и строился временной спектр событий, зарегистрированных детектором. Далее этот спектр обрабатывался с помощью вышеописанной процедуры, и определялись значения  $k_{изм}$ , соответствующие выбранным временным интервалам.

Приведенные ниже результаты компьютерного моделирования были получены при следующих начальных условиях: образец облучался в течение 6 мкс пучком гамма-квантов, генерируемым в вольфрамовой тормозной мишени толщиной 0,35 мм при падении на нее электронов с энергией 55 МэВ и током 30 мА в импульсе длительностью 6 мкс. Детектор вторичного излучения площадью  $1 \text{ м}^2$  находился от образца на расстоянии 60 см, и эффективность детектора составляла 100%. Для моделирования использовались в качестве мишеней тротил, массой 100 г, графит, массой 100 г и генерировался фоновый спектр, адекватный загрузке детектора фоном от ядерных реакций типа  $(n, \gamma)$ , вызываемых фотонейтронами. Ниже приведены результаты, полученные при моделировании облучения мишени одним импульсом ускорителя.

На фиг.1 показан дифференциальный временной спектр вторичного излучения, регистрируемый детектором, полученный при моделировании облучения образца, содержащего тротил (кривая 1), и типичный спектр, вызываемый фоновыми процессами (кривая 2). При этом предполагалось, что детектор вторичного излучения включался через 5 мс после окончания импульса облучения, регистрация событий происходила в течение 15 мс, а ширина канала временного анализатора составляла 1 мс.

На фиг.2 показан интегральный временной спектр  $N(t)$  вторичного излучения для



тритила, полученный из дифференциального временного спектра (кривая 1 на фиг.1) с использованием процедуры (12). Физический смысл представленного на фиг.2 спектра - это кривая, описывающая число нераспавшихся ядер  $^{12}\text{N}$  и  $^{12}\text{B}$  в облученном веществе к каждому моменту времени  $t_j$ . Из сравнения соответствующих кривых на фиг.1 и 2 видно, что по сравнению с дифференциальным спектром интегральный спектр отличается значительно большей однородностью вычисленных значений, что в итоге приводит к большей точности определения параметра  $k$ .

С помощью заявляемого способа можно не только идентифицировать вещества, имеющие близкий элементный состав, но и отделять образцы, элементный состав которых отличается от заранее предполагаемого. Если в ходе облучения образуются радионуклиды с периодами полураспада, отличными от ожидаемых, то уравнение (11) для данного случая перестает правильно описывать протекающие распадные процессы, что выразится в том, что значения  $k$ , рассчитанные для разных временных интервалов, перестанут быть постоянными, что может служить важнейшим квалификационным признаком.

Примером неоднозначного определения параметра  $k$  с помощью заявляемого способа могут служить данные, представленные на фиг.3, где показаны зависимости  $k(t)$  для тритила (3), графита (4) и фонового процесса (5). Видно, что для фонового процесса наблюдается значительная нестабильность значений  $k$ , что позволяет надежно отделить ложный объект от искомым ВВ и НС.

В таблице представлены суммарные данные по моделированию процессов регистрации, где для разных детектируемых веществ указаны «истинные» значения  $k_{\text{ист}}$ , которые вычислены из известного количества образовавшихся ядер радионуклидов, измеренные значения  $k_{\text{изм}}$ , полученные в ходе обработки временных спектров по заявляемому способу, и тангенсы угла наклона прямых, аппроксимирующих  $k(t)$ -зависимость.

Вещество	$k_{\text{ист}}$	$k_{\text{изм}}$	Тангенс угла наклона $k(t)$
Тритил	0,72	$0,696 \pm 0,062$	0,003643
Графит	0,0	$-0,04 \pm 0,07$	0,004143
Фон	-	$2,962 \pm 0,062$	-0,173105

Таким образом, приведенный пример указывает на работоспособность заявляемого способа, который основан, в отличие от прототипа [4], на:

1. Способе перехода от измеренных дифференциальных спектров к интегральной форме представления убыли со временем числа ядер радионуклидов, что существенно повышает статистическую точность измерений.

2. Способе анализа временных спектров в ограниченном временном интервале. Ограничение со стороны малых времен позволяет исключить влияние на временной спектр фоновых процессов. Ограничение со стороны больших времен увеличивает общее быстродействие детектора.

3. Предложении критерия достоверности результата обнаружения азот- и/или углеродсодержащих веществ, который связан с анализом  $k$ -зависимости и повышении точности определения значения  $k$ .

Источники информации

1. Патент США №4756866, 376/157.

2. E.A.Knapp, A.W.Saunders, and W.P.Trower. Direct Imaging of Explosives. Proceedings Euroconference on: Sensor systems and signal processing techniques applied to the detection of mines and unexploded ordnance, MINE'99, October 1-3, 1999. Villa Agape, Firenze, Italy

Laboratorio Ultrasuoni e Controlli Non Distruttivi Università di Firenze, Italy. [http.](http://)

3. Устройство для обнаружения скрытых взрывчатых веществ. Патент РФ №2185614. БИ №20, 2002 г.

4. Способ и устройство для обнаружения и идентификации скрытых взрывчатых веществ и наркотических средств. Патент РФ №2226686. (Бюл. №10)/14, 2004 г.

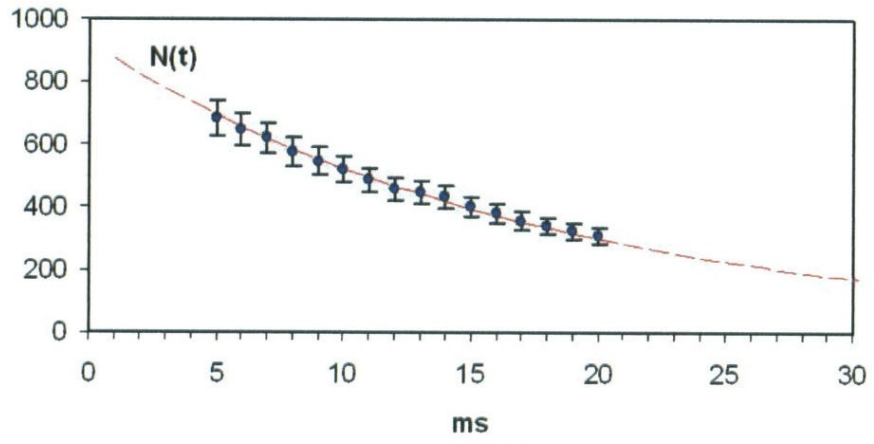
5. A.I.Karev, V.G.Raevsky, J.A.Konyaev, A.S.Rumyantsev, R.R.Iliutschenko. The High Efficiency Complex for Detection of Landmines. In Proceeding of NATO Advanced Research Workshop #977941 «Detection of Explosives and Land Mines: Methods and Field Experience», St.-Petersburg, 11<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> of September 2001, Russia, NATO-Series book, Kluwer Academic Publisher, Netherlands.

#### Формула изобретения

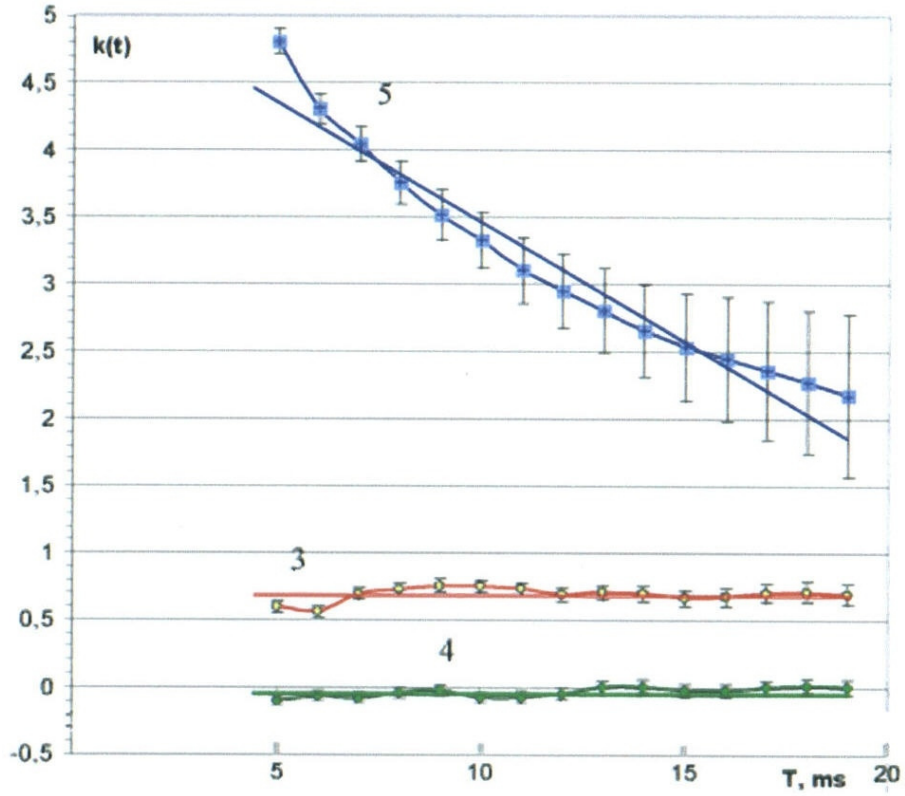
1. Способ идентификации скрытых взрывчатых веществ и наркотических средств, включающий облучение исследуемого вещества, содержащего азот и/или углерод, импульсом гамма-излучения, регистрацию вторичного излучения от продуктов распада, образованных изотопами азота-12 и бора-12, регистрацию временного спектра сигналов вторичного излучения, определение по результатам анализа временного спектра относительного содержания азота и углерода, идентификацию исследуемого вещества по его углеродному и азотному составу путем сравнения с эталонными значениями базы данных, отличающийся тем, что временной спектр вторичного излучения регистрируют в ограниченном по длительности временном интервале, начинающемся после окончания импульса облучения с временной задержкой; обработку спектра проводят путем преобразования измеренного дифференциального временного спектра в интегральный; определение относительного содержания в образце азота и/или углерода проводят для нескольких временных интервалов измеренного спектра; достоверность обнаружения веществ, содержащих азот или углерод, определяют путем сравнения значений относительных количеств азота и углерода в образце, рассчитанных для разных временных интервалов.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что временная задержка регистрации временного спектра вторичного излучения составляет несколько миллисекунд.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что длительность временного интервала, в котором регистрируют временной спектр вторичного излучения, сравнима с периодами полураспада изотопов азот-12 и бор-12.



Фиг.2



Фиг.3