



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83906 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
G21F 9/04МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ПРИСКОРЕНОЇ ДЕЗАКТИВАЦІЇ ТРИТІЮ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) а200610969

(22) 17.10.2006

(24) 26.08.2008

(46) 26.08.2008, Бюл.№ 16, 2008 р.

(72) КІНДЕРЕВИЧ АНАТОЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
UA, ПОРОШЕНКО ОЛЕКСІЙ ПЕТРОВИЧ, UA(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-  
ЛЬНІСТЮ "РАДИКАЛ", UA(56) UA, заявка №20031110585, G21F5/02,  
G21F5015, публ. 15.06.2005.US, заявка №2004/0238366, G21F9/00, публ.  
02.12.2004.Ран Ф.,Адамантиадес А., Кентон Дж., Браун Ч.  
Справочник по ядерной энерготехнологии// Пер. с  
англ. - М.: Энергоатомиздат. - 1989.Шипов Г.И. Теория физического вакуума. - М.: На-  
ука. - 1996. - С. 248-250.(57) 1. Спосіб прискореної дезактивації тритію, при  
якому контейнер з водою первинного контуру яде-  
рного реактора поміщають у внутрішню порожнину  
пристрою для здійснення способу, включають ре-  
гульований генератор електромагнітних коливань і  
встановлюють його частоту, рівну частоті деструк-  
туризації, знижують інтенсивність альфа-, бета-,  
гамма-випромінювання до фонового значення в  
навколишньому середовищі, безперервно контро-

2

люючи зміну її вимірювальними засобами альфа-,  
бета-, гамма-випромінювання, після чого регульо-  
ваний генератор відключають, а контейнер з деза-  
ктивованою водою витягують з внутрішньої поро-  
жнини пристрою для здійснення способу, який  
відрізняється тим, що частоту деструктуризації  
встановлюють рівну 42-45 мГц.

2. Пристрій для прискореної дезактивації тритію,  
що складається з підключеного до регульованого  
генератора електромагнітних коливань конденса-  
тора, в якому як діелектрик використаний ферит,  
який відрізняється тим, що він виготовлений у ви-  
гляді конденсатора майже циліндричного типу,  
перша обкладка якого виконана у вигляді порож-  
нистого металевого циліндра, на внутрішній пове-  
рхні якого по всій його довжині своїми бічними  
гранями закріплені впритул одна до одної трикутні  
призми з фериту з властивостями протонного яде-  
рного магнітного резонансу, причому на двох ін-  
ших рівних за площею бічних гранях призм розмі-  
щені по всій їх довжині сполучені електрично між  
собою металеві пластини, які є другою обкладкою  
конденсатора, при цьому перша і друга обкладки  
конденсатора з'єднані з регульованим генерато-  
ром електромагнітних коливань з частотою в ме-  
жах 42-45 мГц.

Запропонована технологія і пристрій для її  
здійснення належать до галузі прикладної фізики і  
призначені для дезактивації радіоактивних матері-  
алів.

Широко відомі технології для дезактивації ра-  
діоактивних матеріалів і пристрої для її здійснення  
є різного роду місткості, контейнери з нержавіючої  
сталі, свинцю та ін., в які поміщаються радіоактив-  
ні матеріали з метою подальшого поховання [див.  
Справочник по ядерной энерготехнологии: Пер. с  
англ. /Ф.Ран, А.Адамантиадес, Дж.Кентон,  
Ч.Браун, М.: Энергоатомиздат, 1989г. [1]].

Прототип запропонованої технології прискоре-  
ної, дезактивації нами не виявлено.

Пріоритет рішення цієї задачі полягає в тому,  
що у воді первинного контуру ядерного реактора  
міститься тритій  $^3\text{H}$  - радіоактивний ізотоп водню,

що утворюється у важкій воді в результаті приєд-  
нання третього нейтрона. Активність його залежно  
від типу реактора приблизно знаходиться в межах  
(1÷3)·10<sup>13</sup> Бк/л, а період напіврозпаду рівний 12,36  
років. Тому прискорене зниження активності три-  
тію до фонового значення навколишнього середо-  
вища з отриманням ізотопу водню  $^2\text{H}$ , є компонен-  
том важкої води, яка надалі може бути  
використана знову як уповільнювач і теплоносій в  
ядерному реакторі, є важливою технічною зада-  
чею.

Причиною, що заважає досягненню очікувано-  
го технічного результату, що полягає в прискоре-  
ній дезактивації радіоактивних матеріалів, є пасив-  
ний характер відомих технологій, розрахованих на  
природне зменшення фонового рівня активності

(13) C2

(11) 83906

(19) UA

радіоактивних матеріалів, тривалість процесу якого може досягати багато років.

Найближчим за технічною суттю запропонованому пристрою, що реалізовує запропоновану технологію є пристрій, наведений в [монографії Г.І. Шипова Теория физического вакуума, М.: Наука, 1996г. с.248-250], що складається з конденсатора, в якому замість діелектрика використовується ферит, підключеного до регульованого генератора електромагнітних коливань, поміщених в металевий корпус, на верхній поверхні якого над конденсатором розміщена геометрична конструкція у формі конуса, виконана з металу, формуюча діаграму спрямованості потоків простору-часу.

Вказаний пристрій вибраний нами як прототип.

Загальними ознаками прототипу і запропонованого пристрою є конденсатор, в якому замість діелектрика використовується ферит, з підключеним до нього генератором електромагнітних коливань.

Причиною, яка заважає досягненню очікуваного технічного результату, що полягає в прискоренні дезактивації радіоактивних матеріалів, є неефективність відомого пристрою для цієї мети.

В основу винаходу поставлена технічна задача створення принципово нової технології активної прискореної дезактивації води первинного контуру ядерного реактору.

Рішення поставленої задачі в способі прискореної дезактивації тритію, при якому контейнер з водою первинного контуру ядерного реактора поміщають у внутрішню порожнину пристрою для здійснення способу, включають регульований генератор електромагнітних коливань і встановлюють його частоту рівну частоті деструктуризації, знижують інтенсивність альфа, бета, гамма-випромінювання до фонового значення в навколишньому середовищі, безперервно контролюючи зміну її вимірjuвальними засобами альфа, бета, гамма-випромінювання, після чого регульований генератор відключають, а контейнер з дезактивованою водою витягують з внутрішньої порожнини пристрою для здійснення способу, досягається тим, що частоту деструктуризації встановлюють рівну 42-45мггц.

Рішення поставленої задачі в пристрої для прискореної дезактивації тритію, що складається з підключеного до регульованого генератора електромагнітних коливань конденсатора, в якому як діелектрик використаний ферит, досягається тим, що він виготовлений у вигляді конденсатора майже циліндричного типу, перша обкладка якого виконана у вигляді порожнистого металевого циліндра, на внутрішній поверхні якого по всій його довжині своїми бічними гранями закріплені впритул одна до одної трикутні призми з фериту з властивостями протонного ядерного магнітного резонансу, причому на двох інших рівнях за площею бічних граней призм розміщені по всій їх довжині сполучені електрично між собою металеві пластини, які є другою обкладкою конденсатора, при цьому перша і друга обкладки конденсатора з'єднані з регульованим генератором електромагнітних коливань з частотою в межах 42-45мггц.

Пристрій і фрагмент його перетину по А-А схематично представлений на Фіг.1. На Фіг.2 схематично представлена трикутна призма.

В ньому перша обкладка (1) конденсатора циліндричного типу виконана у вигляді порожнистого металевого циліндра (1), на внутрішній поверхні якого по всій його довжині кріпляться своїми підставками одна до іншої рівносторонні трикутні призми з фериту (2) на сторонах яких, не стикаючись з металевим циліндром (1), розміщені, сполучені електрично між собою, металеві пластини (3), що є другою обкладкою конденсатора циліндричного типу, причому перша (1) і друга (3) обкладки його сполучені з регульованим генератором електромагнітних коливань (4). У внутрішній порожнині (5) пристрою розміщений контейнер з водою первинного контуру ядерного реактора (6). Для контролю зміни інтенсивності альфа, бета і гамма випромінювання служать вимірjuвальні засоби (7), розміщені в кришці (8) контейнера (6) і сполучені з виносним індикатором (9).

Пристрій ізольований від земної поверхні ізолюючою прокладкою (10).

Збірка його може бути здійснена наступним чином. Спочатку на ізолюючу прокладку (10) встановлюється перша обкладка (1) конденсатора, яке може бути цільною або зварена з окремих частин. Потім виготовляється згідно розроблений конструкції друга обкладка (3), окремі частини якої можуть бути сполучені зварюванням. Після чого друга обкладка (3) вставляється в першу обкладку (1) і в проміжки, що утворилися, між ними вставляються призми (2), які можуть бути цільними або складатися з окремих блоків. Для простоти викладу системи кріплення і екранування не приводяться.

В основі запропонованої технології і принципу дії пристрою для її здійснення лежить збудження потоків простору-часу, концентрування їх і опромінювання ними об'єктів, що підлягають дезактивації. Поняття потоків простору-часу введено в [роботах професора Козирева Н.А. і академіка Лаврентьева М.М, див. Козырев Н.А. // Астрономические наблюдения путем физических свойств времени; Лаврентьев М.М., Еганова И.А., Луцет МК. // Доклады АН СССР, №2, 1990г., т.314, с.352-354 [2]].

В основі фізичного обґрунтування явища штучного збудження потоків простору-часу на частотах структуризації і деструктуризації лежить протонний ядерний магнітний резонанс (ЯМР) у фазах дисперсії, [див. Дж. Эмсли, Дж. Финей, Л. Сатклиф, Спектроскопия ЯМР высокого разрешения, т.1-3, М.: Наука, 1968г., [3]; А.В. Киндереvич, В.А. Аршинов, Основы полевой физики, Киев: Наукова думка, 2000г., [4]].

Механізм дії потоків простору-часу перевірений на практиці в ході двох пошукових науководослідних робіт, проведених в квітні-червні 2001 року. Результати досліджень відображені в [роботі А.В. Киндереvич, Л.И. Кича, Полевая сущность ядерной физики, Киев: ЭКМО, 2003г., с.263-300, [5]].

В ході пошукових робіт на зразки ізотопів Cs-137, Sr-90, а також на зразок 2% збагачення лавоподібного паливовмісного матеріалу, узятого з

об'єкту "Укриття", Чорнобильська атомна електростанція, впливали потоками структуризації і де-структуризації. Теоретичні передумови повністю підтвердилися. Активність ізотопів протягом сорока годин була знижена в три рази.

Сутність явища прискореної дезактивації полягає в наступному. Відомо, що нормальна інтенсивність фізичних процесів визначається числом Хаббла  $H=2,8 \cdot 10^{-18}$  1/с. Якщо відбувається згущування потоків простору-часу, то в деякій локальній області можна отримати значення величини  $H_1 > H$ , якщо розрідження, то маємо  $H_1 < H$ . Показано, що відношення  $\frac{H_1}{H}$  є характеристикою локальної об-

ласті і при  $\frac{H_1}{H} > 1$  відбувається дія потоків деструк-

туризації, а при  $\frac{H_1}{H} < 1$  - потоків структуризації.

Встановлено, що шляхом дії електромагнітних коливань на речовину, вона на певних частотах  $f_1$  поглинає енергію електромагнітних коливань і випромінює потоки структуризації, а на частотах  $f_2$  - потоки деструктуризації. Потоки структуризації - це потоки простору-часу, які уповільнюють хід фізичних процесів, зменшуючи їх інтенсивність. Потоки деструктуризації - це потоки простору-часу, які прискорюють хід фізичних процесів, збільшуючи їх інтенсивність.

Кожний матеріал в умовах ядерного магнітного резонансу має певні частоти електромагнітних коливань  $f_1$  і  $f_2$ , при яких дані матеріали, поглинаючи енергію електромагнітних коливань, випромінюють, відповідно, структуруючі і деструктуруючі потоки простору-часу. Якість даних потоків визначається детектором Козирева, схема якого наведена в роботі [2]. Як індикатор в ньому використовується мікроамперметр із нульовим значенням відліку, розташованим посередині його шкали. Потоки структуризації завжди відхиляють його стрілку вліво, а потоки деструктуризації - вправо. Таким чином, зміна в локальній області числа Хаббла до значення  $H_x$  призведе до зміни інтенсивності фізичних процесів.

Показано [5], с.263-269, що до числа радіоактивних відносять всі відходи, забруднені радіоактивними речовинами в кількості, що перевищує встановлені норми і правила. Тверді відходи вважають радіоактивними, якщо питома медико-експлуатаційна доза на відстані 1см від відходів складає 0,84мР/(год·кг) або питома активність перевищує  $2 \cdot 10^{-6}$  і  $1 \cdot 10^{-8}$  Ку/кг ( $7 \cdot 10^4$  і  $3,7 \cdot 10^2$  Бк/кг) відповідно для бета і альфа - активних та трансуранових речовин. Всі радіоактивні ізотопи, радіоактивні відходи можна умовно підрозділити на високоактивні, коли питома активність складає  $10^{18}$ - $10^{17}$  Бк/т, середньоактивні -  $10^{16}$ - $10^{12}$  Бк/т, низькоактивні -  $10^{11}$  Бк/т і нижче.

Розглянемо можливість пониження активності високоактивних ядер. Відомо [5], що енергія зв'яз-

ку ядер виражається:  $E'S = \frac{E_S}{\frac{H_1}{H}}$ . Якщо в деякій

локальній області  $\frac{H_1}{H} > 1$ , то це область підвищен-

ня інтенсивності. Наприклад,  $\frac{H_1}{H} = 10^n$  тоді енергія зв'язку зменшується пропорційно вказаному зміщенню  $\frac{H_1}{H}$  в  $10^n$  разів. Ядра атомів в цій локальній області стають рихлими. Спонтанне ділення ядер збільшується пропорційно  $10^n$ .

Якщо в локальній області  $\frac{H_1}{H} = \frac{1}{10^n} = 10^{-n}$ , то

$$E'S = \frac{E_S}{\frac{1}{10^n}} = E_S \cdot 10^n.$$

Ядра атомів в даній локальній області пониження інтенсивності ущільнюються, спонтанне ділення ядер зменшується пропорційно  $10^n$ . Візьмемо високоактивний ізотоп. Нехай  $N$  - число атомів, що є в зразку в даний момент часу  $t$ ,  $dN \frac{H_1}{H}$  - число атомів, що розпалися, за інтервал часу від  $t$  до  $t+dt$ . Вірогідність розпаду рівна  $-\frac{dN}{N}$  (знак мінус ставимо, оскільки  $dN < 0$ ). Вірогідність розпаду в

одиночку часу рівна  $\lambda = -\frac{1}{N} \frac{dN \frac{H_1}{H}}{dt} = \text{const}$ , де  $\frac{H_1}{H}$  - дія на розподіл в локальній області, викликана тим, що енергія зв'язку змінюється пропорційно  $\frac{H_1}{H}$ .

Постійна  $\lambda$  - це постійна розпаду. Активністю

розпаду називаємо величину  $A = \left| \frac{dN \frac{H_1}{H}}{dt} \right| = \lambda N$ . Це число розпаду ядер в одиницю часу.

Складемо рівність:

$$\frac{H_1}{H} \int_{N_0}^N \frac{dN \frac{H_1}{H}}{N \frac{H_1}{H}} = \int_{t=0}^t -\lambda dt.$$

$$\text{Тобто } \ln \frac{N \frac{H_1}{H}}{N_0 \frac{H_1}{H}} = -\frac{H_1}{H_1} \lambda t. \text{ Потенціюючи оста-}$$

точно, отримаємо формулу:  $N \frac{H_1}{H} = N_0 \frac{H_1}{H} e^{-\frac{H_1}{H_1} \lambda t}$ .

Помножуючи обидві частини формули на  $X$ , отримаємо:

$$\lambda N \frac{H_1}{H} = \lambda N_0 \frac{H_1}{H} e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t} \quad \text{або}$$

$$A \frac{H_1}{H} = A_0 \frac{H_1}{H} e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t}.$$

Скоротивши на  $\frac{H_1}{H}$ , отримаємо

$$A = A_0 \frac{H_1}{H} e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t}, \text{ де } A_0 - \text{початкова активність ядер.}$$

Цим рівнянням описується прискорене ділення ядер в області із значенням числа Хаббла  $H_1$ . Але разом з прискореним діленням ядер швидшатиме в  $\frac{H_1}{H}$  раз спонтанне ділення ядер, оскільки в новій

області енергія зв'язку ядер  $E'S = \frac{E_S}{\frac{H_1}{H}}$  зменшується в  $\frac{H_1}{H}$  раз, а, значить, активність ядер в стільки разів збільшиться.

Загальна формула, що описує прискорене ділення і прискорене спонтанне ділення, буде:

$$A = A_0 \frac{H_1}{H} e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t}, \text{ де } A_0 - \text{початкова активність}$$

$$\text{ядер, } A'_0 = A_0 \frac{H_1}{H}, \quad A = A'_0 e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t}.$$

Неважко помітити, що процес падіння актив-

$$\text{ності } A = A'_0 e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t} \text{ буде більш стрімким, ніж } A = A_0 e^{-\lambda t}.$$

Розглянемо випадок, коли зразки збуджених ядер поміщені в пристрій пониження інтенсивності фізичних процесів при частоті структуризації  $f_1$ . Нехай початкова активність ядер Cs-137  $A_0 = 10^{12}$  Бк/г, область пониження інтенсивності фізичних процесів  $\frac{H_1}{H} < 1$ . Нехай, наприклад

$$\frac{H_1}{H} = 10^{-6}. \quad \text{Тоді} \quad A'_0 = 10^{12} \cdot 10^{-6} = 10^6;$$

$$A = 10^6 e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t} = 10^6 e^{-\lambda 10^6 t}.$$

$$\text{Для Cs-137: } T_{\frac{1}{2}} = 30,2 \text{ років} = 9,5 \cdot 10^8 \text{ с,}$$

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{\frac{1}{2}}} = 7,3 \cdot 10^{-10}.$$

$$\text{Тоді } A = 10^6 e^{-7,3 \cdot 10^{-10} t}.$$

$$\text{Для часу } t = 10 \text{ днів} = 24 \cdot 3600 \cdot 10 = 8,6 \cdot 10^5 \text{ с.}$$

Остаточне значення активності буде:

$$A = 10^6 e^{-6,3 \cdot 10^2} = \frac{10^6}{e^{630}}, \text{ але вже } (e)^{52} = 8,3 \cdot 10^{33}.$$

З цього співвідношення видно, що активність Cs-137 в локальній області із значенням числа Хаббла  $H_1$  за десять днів впала нижче за фонові значення.

Якщо низькорadioактивні ізопомистити в область, де  $\frac{H_1}{H} < 1$ , то ця область відчутних впливів на них не надасть.

Розглянемо випадок, коли незбуджені ядра з питомою активністю, наприклад,  $10^5$  Бк/г помістити в пристрій підвищення інтенсивності фізичних процесів при частоті деструктуризації  $f_2$ , тобто коли  $\frac{H_1}{H} > 1$ . Нехай, наприклад,  $\frac{H_1}{H} = 10^6$ .

Це значить, що в стільки ж разів збільшиться спонтанне ділення ядер і прискориться просте ділення ядер. Але оскільки в пристрій підвищення інтенсивності фізичних процесів поміщено не нескінченне число ядер, а кінцеве  $N$  число ядер, то воно з часом  $t$  ставатиме все менше і менше. Формула залежності числа ядер від часу матиме вигляд:

$$N(t) = \frac{N}{t \frac{H_1}{H} e^{-\frac{H}{H_1} \lambda t}}$$

Нехай, наприклад, початкове число ядер Cs-137  $N = 10^{20}$ . Тоді за час 10 днів отримаємо число ядер, що діляться

$$N = \frac{10^{20}}{t \cdot 10^6 e^{-7,3 \cdot 10^{-10} \cdot 10^6 t}} = \frac{10^{20} e^{-7,3 \cdot 10^{-16} t}}{t \cdot 10^6}.$$

В чисельнику величина  $e^{-7,3 \cdot 10^{-16} t} \approx e^{0(1)} = 1$  в осяжному майбутньому буде нескінченною малою  $0(1)$ .

$$\text{Тоді } N(A) = \frac{10^{20}}{8,6 \cdot 10^5 \cdot 10^6} \approx 10^8.$$

Але оскільки число ядер, що діляться, різко зменшилося, то і активність впаде на стільки ж порядків.

При розгляді умов ділення ядер слід звернути увагу на те, що як тільки зразок потрапить в область з інтенсивністю фізичних процесів  $\frac{H_1}{H} > 1$  в перші миті, коли ще не набув чинності фактор часу за рахунок співвідношення  $A'_0 = A_0 \frac{H_1}{H}$  - активність різко зростає, але досягнувши свого якогось максимального значення, почне поступово убавати.

Ми не розглядаємо поведінку в локальних областях ізопомистити із середньою активністю, оскільки

вони при приміщенні в локальну область пониження інтенсивності фізичних процесів перетворюються на низькоактивні.

Такі у загальних рисах теоретичні основи побудови технології для прискореної дезактивації води первинного контуру ядерного реактору.

Відомо, що кінетична енергія може бути виражена у вигляді формули:

$$E_k = \frac{M_3 v^2}{2} \frac{M}{M_3}$$

де  $M_3$  - маса Землі,  $v$  - швидкість розширення Землі,  $M$  - гранична маса.

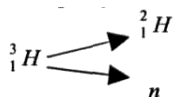
Якщо створена локальна область, в якій отримано  $H_1$ , маємо:

$$E_k = k \frac{M \frac{H_1}{H}}{M_3},$$

де  $k$  - деякий коефіцієнт пропорційності.

Таким чином, кінетична енергія дезактивації в умовах Землі має місце, коли  $\frac{H_1}{H} > 1$ , а кінетична енергія структуризації, відповідно, коли  $\frac{H_1}{H} < 1$ .

При прискореному спонтанному поділі відбувається відрив нейтрону від тритію. Тоді він перетворюється на дейтерій



Такі теоретичні передумови створення пристрою для здійснення вказаної технології.

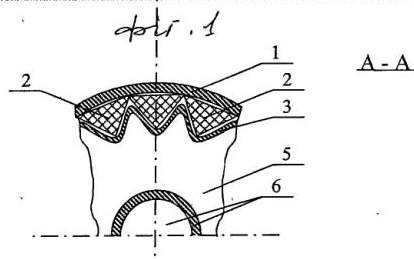
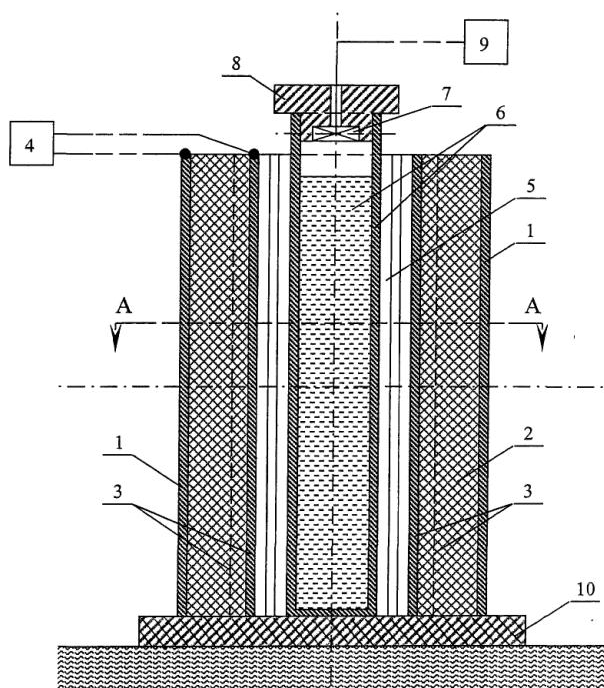
Порядок дій при реалізації технології в часі в сукупності з роботою енергетичного концентратора

для його здійснення полягає в наступному. (Див. Фіг.1 і 2)

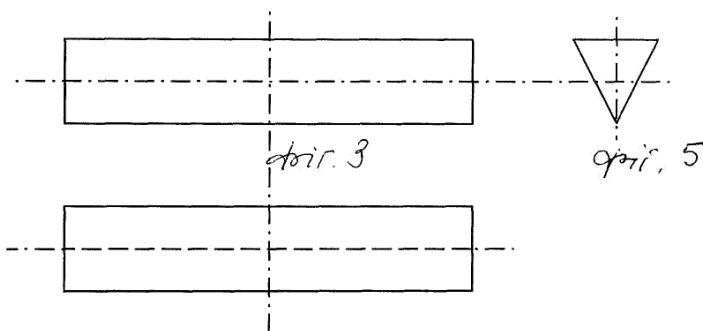
Контейнер із радіоактивною водою первинного контуру ядерного реактора (6) поміщають у внутрішню порожнину (5) пристрою для прискореної дезактивації радіоактивних відходів. Включають регульований генератор електромагнітних коливань (4), підключений до обкладок (1) і (3) конденсатора циліндричного типу. Плавню збільшують частоту електромагнітних коливань генератора (4), одночасно контролюючи зміни інтенсивності альфа, бета і гамма випромінювання за допомогою вимірювальних засобів (7), розміщених в кришці (8) контейнера (6) і підключених до виносного індикатора (9). Знаходять частоту дезактивації  $f_2$ , при якій починається зменшення активності радіоактивної води. При поглинанні на частоті  $f_2$  енергії коливань генератора (4) грані трикутних призм із фериту (2) випромінюють потоки дезактивації (потоки простору-часу), сумарні вектори векторів від граней яких направлені до центральної вертикальної осі концентратора. Результуючий потік простору-часу розходиться в різні боки від горизонтальної центральної осі пристрою паралельно його вертикальній осі. Підтримуючи частоту  $f_2$ , доводять інтенсивність альфа, бета і гамма випромінювання до фонового значення в навколишньому середовищі, після чого генератор (4) відключають і контейнер (6) з дезактивованою водою первинного контуру ядерного реактора видаляють із внутрішньої порожнини пристрою (5). Таким чином, у результаті одержують важку воду.

Застосування способу і пристрою, що реалізовує його, дозволить звести час дезактивації води первинного контуру ядерного реактора до декількох годин або днів, зменшивши витрати на відповідні конструкції і споруди, і отримати в результаті важку воду, яка може бути надалі використаний в реакторах як сповільнювач.

З вищезгаданого виходить, що технологія і пристрій для її здійснення цілком можуть бути реалізовані на основі існуючих технічних засобів і матеріалів.



фиг. 2



фиг. 4