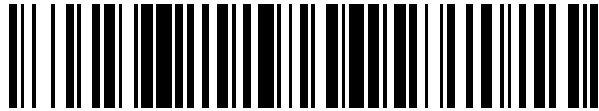


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 486 490**

21 Número de solicitud: 201430540

51 Int. Cl.:

G21F 9/18 (2006.01)

C02F 1/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

11.04.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.08.2014

Fecha de la concesión:

27.11.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

04.12.2014

73 Titular/es:

**KORNILOVA, Albina Aleksandrovna (100.0%)
5-ya ul. Yamskogo polya, d.27, kv. 21
Moscow 125040 RU**

72 Inventor/es:

**KORNILOVA, Albina Aleksandrovna y
VYSOTSKII, Vladimir Ivanovich**

74 Agente/Representante:

GARRIDO PASTOR, José Gabriel

54 Título: **Método de eliminación de radionúclidos del agua**

57 Resumen:

El invento se refiere a un método de eliminación de radionúclidos del agua. El resultado técnico se alcanza con la creación, en la disolución acuosa, de las condiciones para la transmutación nuclear de isótopos radiactivos de unos elementos químicos en isótopos no radiactivos de otros elementos químicos en asociaciones sintróficas de cultivos microbiológicos. La transmutación se efectúa en tres etapas: en la primera, se estimula el efecto de adaptación mutágena de los microorganismos que contiene la biomasa ante los tipos específicos de radionúclidos (Isótopos 3) contenidos en la disolución acuosa a tratar. En la segunda, se optimiza la parte biológica del proceso de transmutación en la disolución obtenida por medio de la adición de los microelementos básicos necesarios y/o de sus combinaciones. En la tercera, la disolución acuosa se complementa con microelementos seleccionados y/o combinaciones de los mismos, que garantizan un aceleramiento máximo de la transmutación de isótopos radiactivos.

ES 2 486 490 B2

MÉTODO DE ELIMINACIÓN DE RADIONUCLIDOS DEL AGUA

DESCRIPCIÓN

5 OBJETO DEL INVENTO

Este invento está vinculado al ámbito de tratamiento de residuos líquidos radioactivos, en particular a los métodos de eliminación de radionúclidos presente en el agua.

10 El problema de eliminación de radionúclidos del agua contaminada es una de las tareas más urgentes de la ecología. La existencia de agua con estas propiedades está vinculada tanto a operaciones tecnológicas sistemáticas, condicionadas por el carácter específico del proceso de producción nuclear de carácter industrial, como también a situaciones de emergencia provocadas particularmente por averías en instalaciones de la industria nuclear.

15

En el proceso de reacción de la fisión nuclear en los reactores atómicos se origina gran cantidad de isótopos e isómeros radiactivos (desechos de alta actividad) con períodos de vida medio o largo:

20 H^3 , Be^7 , C^{14} , F^{18} , $Na^{22,24}$, Si^{31} , $P^{32,33}$, S^{35} , $Cl^{36,38}$, $K^{42,43}$, $Ca^{45,47}$, $Sc^{46,47,48}$, V^{48} , Cr^{51} ,
 $Mn^{51,52,52m,53,54,56}$, $Fe^{52,55,59}$, $Co^{55,56,57,58,58m,60,60m,61,62m}$, $Ni^{59,63,65}$, Cu^{64} , $Zn^{65,69,69m}$, Ga^{67} , Ge^{67} ,
 $As^{73,74,76,77m}$, Se^{75} , Br^{82} , Rb^{86} , $Sr^{85,85m,87m,89,90,91,92}$, $Y^{90,91,91m,92,93}$, $Zr^{93,95,97}$, $Nb^{93m,94,95,97,98}$,
 $Mo^{90,93,99,101}$, $Tc^{96,96m,97,97m,99,99m}$, $Rh^{97,103,105,106Ru, 103m,105}$, $Pd^{103,109}$, $Ag^{105,110m,111}$, $Cd^{109,115,115m}$,
 $In^{111,113m,114m,115m}$, $Sn^{113,125}$, $Sb^{122,124,125}$, $Te^{123m,125m,127,127m,129,129m,131,131m,132,133,133m,134}$,
25 $I^{123,125,126,129,130,131,132,133,134,135}$, $Cs^{129,131,132,134,134m,135,136,137,138}$, $Ba^{131,140}$, La^{140} , $Ce^{139,141,143,144}$,
 $Pr^{142,143}$, $Nd^{147,149}$, $Pm^{147,149}$, $Eu^{151,153Sm, 152,152m,154,155}$, $Gd^{153,159}$, Tb^{160} , $Dy^{165,166}$, Ho^{166} , $Er^{169,171}$,
 $Tm^{170,171}$, Yb^{175} , Lu^{177} , Hf^{181} , Ta^{182} , $W^{181,185,187}$, $Re^{186,188}$, $Os^{185,191,191m,193}$, $Ir^{190,192,194}$,
 $Pt^{191,193m,197,197m}$, $Au^{198,199}$, $Hg^{198,199}$, $Pb^{200,201,202,204Tl, 203}$, $Bi^{206,207}$, $Po^{203,205,207}$, At^{211} , $Ra^{225,227}$,
 $Th^{226,229}$, $Pa^{230,233}$, $U^{230,231,232,233,236,237,239,240}$, $Np^{237,239,240}$, $Pu^{234,235,236,237,238,239,240}$,
30 $241,242,243,244$, $Am^{241,242,242m,243}$, $Cm^{242,243,244,245,246,247,248}$, Bk^{249} , $Cf^{246,248,249,250,251,252,253,254}$,
 $Es^{253,254,254m}$, $Fm^{254,255}$.

Entre esos radionúclidos, los isótopos Sr^{90} , $Tc^{99,99m}$, Cs^{137} , $Np^{237,239}$, $Pu^{238,239,240,241}$, Am^{241} , Cm^{242} son los más peligrosos para objetivos biológicos.

35

Es conocido el método de eliminación biológica de radionúclidos tecnógenos del agua (Patente RU2255906, publicado el 10.07.2005) basado en la alta capacidad de absorción de ciertas algas (en particular, *Phillophonia elongata*, *Ulwa regida*, *Thalassiosira* etc.), cuyos plantones se colocan en contenedores biológicos instalados según el volumen del agua a tratar. Durante el cultivo de estas algas, durante 20-40 días, en el proceso metabólico tiene lugar la absorción activa sobre la base de procesos metabólicos y bioquímicos y la acumulación de algunos tipos de radionúclidos que producen su eliminación del agua. Una vez lleno el contenedor biológico con algas crecidas, éstas se retiran del agua, se secan y se queman, para posteriormente enterrar los restos de ceniza radiactiva. El coeficiente máximo de acumulación de radionúclidos por estas algas (en relación a la masa de agua equivalente) es igual a 30 (para Cs^{137}) y 40 (para Sr^{90}).

La desventaja de este método está en que no soluciona los problemas de inactivación de los radionúclidos, porque los radionúclidos peligrosos no se eliminan sino que pasan a otro estado (se reducen a cenizas).

Es conocido el método de reutilización de desechos radiactivos mediante su ionización con neutrones térmicos (Patente US4721596 A publicado el 26.01.1988). Con esta ionización los neutrones son atrapados por los núcleos de los isótopos de larga vida con una consiguiente cascada de transformaciones nucleares y formación de otros isótopos que, en parte, pueden ser de corta vida, lo que reduce el tiempo de inactivación natural por medio de una desintegración espontánea.

La desventaja de este método está en que las reacciones de desintegración por acción de los neutrones lentos pueden transcurrir sólo en algunos isótopos radiactivos pesados (en particular, en U^{235} y Pu^{239}), además, la absorción de estos neutrones por muchos núcleos estables, de elementos con masa media, puede causar la formación de isótopos radiactivos de estos núcleos.

El resultado técnico, objetivo de este invento, consiste en crear un método de tratamiento de disoluciones acuosas, que contienen radionúclidos, por el fenómeno de transmutación (transformación nuclear) de iones de isótopos radiactivos (radionúclidos) en otros tipos de isótopos estables en cultivos microbiológicos crecientes.

El resultado técnico se alcanza con este invento gracias a la creación, en la disolución acuosa a tratar, de las condiciones para la transmutación nuclear de isótopos radiactivos de

unos elementos químicos en isótopos no radiactivos de otros elementos químicos en cultivos microbiológicos crecientes; para ello, se prepara el caldo para el crecimiento de cultivos microbiológicos, con carencia del elemento químico correspondiente al isótopo obtenido como resultado de la transmutación (Isótopo 1) y que contiene componentes necesarios para la transmutación de los isótopos originales (Isótopo 2); en este caldo se cultivan culturas microbiológicas que para su crecimiento y desarrollo requieren de Isótopos 1, para lo cual se añade microorganismos a la biomasa, por ejemplo, en forma de gránulos, que introduce en el caldo nutriente mencionado asociaciones sintróficas microbianas en estado vital; el proceso de transmutación se efectúa en tres etapas: en la primera se estimula el efecto de adaptación mutágena de los microorganismos que contiene la biomasa ante los tipos específicos de radionúclidos (Isótopos 3) contenidos en la disolución acuosa a tratar, por medio de la temporización gradual de la biomasa de microorganismos a una temperatura óptima (elevada hasta 30–40⁰C) que acelera el proceso de mutagénesis durante un intervalo de tiempo comprendido entre las 10 horas, para microorganismos aeróbicos, y las 24 horas, para microorganismos anaeróbicos, en el líquido, cuya composición incluye agua en cantidad suficiente para cubrir el volumen de biomasa con el caldo de cultivo, que gradualmente se aumenta por adición de porciones de disolución acuosa con radionúclidos a tratar y que no causan la muerte de la biomasa por irradiación radiactiva, incluso hasta que se consiga la concentración de disolución sometida a tratamiento. En la segunda etapa se optimiza la parte biológica del proceso de transmutación en la disolución obtenida por medio de la adición independiente, en diversas pequeñas proporciones de disolución acuosa obtenida, de los microelementos básicos necesarios y/o de las combinaciones de estos microelementos para después de cierta temporización, en estas proporciones de cantidades similares de biomasa que fue sometida a adaptación mutágena, seleccionar aquellos microelementos y/o combinaciones seleccionadas de microelementos que aceleren al máximo el proceso de transmutación. En la tercera etapa la disolución acuosa a tratar se complementa con microelementos seleccionados y/o combinaciones de microelementos seleccionadas en cantidad necesaria, que garantizan un aceleramiento máximo de la transmutación de isótopos radiactivos en todo el volumen de la disolución acuosa a tratar; luego la biomasa se retira del agua en tratamiento. La duración de la tercera etapa se determina por el tiempo requerido en la consecución del valor necesario de radiactividad residual de la disolución en tratamiento. Al mismo tiempo, el invento prevé el bloqueo de la absorción directa de radionúclidos por la biomasa de microorganismos sin su transmutación; para ello en el agua en tratamiento se introduce una cantidad necesaria de microelementos, suficientes para el crecimiento de la

biomasa, que son radionúclidos estables (isótopos estables) análogos de aquellos que deben reutilizarse.

5 Una de las variantes de este invento, después de la unión de la biomasa de microorganismos con el caldo de cultivo, efectúa su granulación en presencia de compuestos que forman gránulos estables impermeables al agua, cuya estructura no obstaculiza el movimiento libre ni del agua ni de las sales y radionúclidos disueltos en todo el volumen de los gránulos.

10 En otra variante de este invento, la biomasa de microorganismos se forma empleando de asociaciones sintróficas de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos.

15 Con el fin de eliminar los radionúclidos en las soluciones que contienen agua marina (no dulce), o compuestas por este tipo de agua, se emplea biomasa de microorganismos tiene asociaciones sintróficas de microbios con capacidad vital y adaptados al agua marina, por ejemplo, a base de fangos con capacidad vital para los que el agua marina constituye su hábitat natural.

20 Durante la tercera etapa del proceso de transmutación es preferible que se ejecute la mezcla continua de disolución acuosa con biomasa y/o el soplado de aire (burbujeo) a través de la disolución acuosa con biomasa.

25 Durante la eliminación de radionúclidos en las disoluciones acuosas Cs^{137} y Sr^{90} , mediante la transmutación en isótopos estables de otros elementos componentes del caldo, es preferible excluir (o reducir la concentración) los elementos Mg y K .

30 Las propiedades características mencionadas permiten efectuar el tratamiento de las disoluciones acuosas que contienen radionúclidos de unos elementos químicos por medio de su transmutación en isótopos estables de otros elementos químicos.

En la Fig. 1. se refleja el espectro de la gamma de radiación de los isótopos nucleares contenidos en el agua en tratamiento al décimo día después de la extracción del reactor nuclear agua-agua de la zona activa.

35 En la Fig. 2 está reflejada la dependencia de la actividad $Q(t)$ del isótopo nuclear La^{140} en las muestras de agua nuclear en el experimento de transmutación (actividad $Q_{cultures}$ en cubetas

en presencia de gránulos que contienen asociaciones sintróficas de microorganismos metabólicamente activos) y en cubetas de control sin microorganismos (actividad Q_{control}).

5 En la Fig. 3. se presenta la reutilización acelerada (inactivación) del isótopo Cs^{137} en «células biológicas» en presencia de gránulos microbiológicos y diversos elementos químicos. 1 - Cs^{137} (control), $\tau^* \approx 30$ años; 2 - Cs^{137} + gránulos + KCl, $\tau^* \approx 10$ años; 3 - Cs^{137} + gránulos + NaCl, $\tau^* \approx 480$ días; 4 - Cs^{137} + gránulos, $\tau^* \approx 380$ días; 5 - Cs^{137} + gránulos + CaCO_3 , $\tau^* \approx 310$ días.

10 En la Fig. 4. se ilustra el principio de formación de gigantescas fluctuaciones de impulso y energía cinética en estado correlacionado coherente (a la derecha).

El proceso de transmutación de los isótopos en cultivo microbiológico en crecimiento y la asociación sintrófica de éstos está vinculado a dos factores.

15 El primero de ellos se refiere a los procesos propiamente biológicos de empleo y asimilación de elementos químicos en procesos de metabolismo y el segundo se refiere a los procesos físicos de transformación nuclear estimulados por procesos biológicos.

20 El proceso de crecimiento de cualquier objeto biológico concreto requiere una composición estrictamente determinada de micro y macroelementos químicos. La carencia de tan sólo uno de estos elementos frena por completo el crecimiento.

25 Entre los elementos vitalmente importantes están O (concentración típica en cultivo vivo - cerca de 24%), H (cerca de 64%), C (cerca de 9%), N (cerca de 0,13%).

Entre los microelementos necesarios para el crecimiento de diferentes cultivos biológicos se encuentran

30 Na ($7 \cdot 10^{-3}$ %), K ($4,5 \cdot 10^{-2}$ %), Ca ($7,5 \cdot 10^{-2}$ %), Mg ($2 \cdot 10^{-2}$ %), Fe ($8 \cdot 10^{-4}$ %), P ($1,3 \cdot 10^{-2}$ %), Si ($3,5 \cdot 10^{-2}$ %), Cl ($7 \cdot 10^{-3}$ %), Al ($6 \cdot 10^{-3}$ %), B ($6 \cdot 10^{-4}$ %), Ti (10^{-4} %), Zn ($3 \cdot 10^{-5}$ %), Li (10^{-4} %), Cu (10^{-5} %), Sr (10^{-5} %), Ba ($5 \cdot 10^{-6}$ %), F ($3 \cdot 10^{-5}$ %), Br ($6 \cdot 10^{-6}$ %), Rb ($4 \cdot 10^{-6}$ %), Sn (10^{-6} %), Ni ($5 \cdot 10^{-6}$ %), Mo (10^{-6} %), Co (10^{-6} %).

35 Las concentraciones mencionadas son típicas, pero pueden variar algunas cantidades para varios cultivos.

Para algunos cultivos microbiológicos también son necesarios los microelementos S, Mn, J, Hg, entre otros.

- 5 A falta de alguno de los elementos químicos necesarios es posible su sustitución por un análogo bioquímico (estereoquímico) que tenga un radio iónico similar y la misma (o cercana) valencia. Particularmente, si en la composición del caldo de cultivo no hay átomos del elemento químico necesario, pero éstos pueden formarse en el proceso de fusión nuclear de nucleidos apropiados, entonces, tras el proceso de fusión, el núcleo nuevamente
- 10 formado del elemento necesario junto con el medio electrónico se empotran a la vez en el cultivo en crecimiento. Una situación análoga se da en el caso de que falten átomos del elemento químico necesario en el proceso de fusión produciendo la formación de su análogo estereoquímico.
- 15 El proceso de "inmisión" del elemento fusionado (isótopo 1) en el sistema biológico en crecimiento es, en realidad, el proceso de fijación e irreversibilidad de esta fusión. El proceso de fusión nuclear se produce con la participación de núcleos originales, por ejemplo, a causa de la fluctuación temporal de la energía δE en el tiempo δt . Si esta fluctuación es suficiente para superar la barrera coulombiana de reacción, y en el resultado
- 20 de la reacción durante el tiempo δt se emite la energía $\Delta E > \delta E$, entonces el proceso de fusión se hace irreversible. En caso contrario, cuando $\Delta E < \delta E$, la reacción es reversible y no resulta en la formación de un isótopo necesario.

Otra particularidad del invento presentado consiste en el empleo de cultivos microbiológicos

25 no limpias, sino de asociaciones sintróficas de microorganismos que incluyen muchos miles de diferentes tipos de microorganismos pertenecientes a diferentes grupos fisiológicos, que representan a diferentes grupos de metabolismo microbiano y se caracterizan por diferentes mecanismos de acumulación microbiana.

30 Estos microorganismos no se encuentran en forma de simple mezcla mecánica. Coexisten en asociación sintrófica en estado de simbiosis asociada, cuando en realidad forman un macroorganismo único (aunque con sistemas independientes de metabolismo interno). En su volumen cada miembro y cada grupo fisiológico están adaptados al máximo a la vitalidad común y se encuentran en estado de apoyo colectivo y protección mutua. Este sistema

35 dispone de alto grado de adaptabilidad a diferentes variaciones y manifestaciones

“agresivas” del ambiente exterior (en particular, al alto nivel de irradiación radiactiva, presencia de toxinas o pequeños valores del indicador de hidrógeno pH).

5 En cada tipo de ambiente bioquímico específico los microorganismos que pertenecen a cierto grupo fisiológico disponen de condiciones máximamente favorables para su desarrollo. Los demás grupos de asociación sintrófica “desempeñan” un papel auxiliar trabajando para un líder que se desarrolla a un grado máximo de eficiencia. En caso de cambio de las condiciones exteriores (cambio de temperatura, cambio de composición del caldo de cultivo, acción de toxinas y radiación de ionización, acción complementaria de radicales libres, etc.), el papel del líder puede pasar a otro grupo fisiológico que esté
10 máximamente adaptado a las condiciones modificadas. Los líderes anteriores se convierten en participantes de la ayuda colectiva favoreciendo al desarrollo del grupo líder y de la asociación en general.

15 Este sistema resulta estar máximamente adaptado a las condiciones agresivas que se han modificado, lo que corresponde al crecimiento, inclusive en condiciones de acción de la radiación. La eficiencia de esta “protección colectiva” es especialmente alta. Es conocido que, por ejemplo, en un medio ácido con $pH = 2$ (ácido muriático concentrado) no puede desarrollarse ninguna cepa “limpia” de microorganismos. Mientras tanto, la asociación
20 sintrófica crece y se desarrolla exitosamente en este medio tras cierto período de adaptación. El intervalo temporal de la adaptación completa corresponde a la sustitución de 5-10 generaciones, que permite evaluar este intervalo por un período comprendido entre las 10 horas y los 10 días.

25 En el experimento la actividad del agua investigada equivalía a cerca de 10^{-4} Curie/l y contenía una serie de isótopos inestables altamente activos (particularmente, Na^{24} , K^{40} , Co^{60} , $Sr^{90,91}$, I^{131} , Xe^{135} , Ba^{140} , La^{140} , Ce^{141} , Np^{239}) véase la Fig. 1.

30 Las muestras de agua de igual volumen (cerca de 5 ml) fueron colocadas en similares cubetas obturadas de cristal de pared delgada de unos 10 ml de capacidad. En una parte de las cubetas con agua radiactiva se colocó una cantidad igual de biomasa granulada de microorganismos. Las demás cubetas con la misma agua radiactiva, pero sin biomasa granulada, sirvieron como cubetas de control.

35 La investigación se realizó partiendo del análisis del cambio de amplitud de las líneas espectrales, cuya energía supera los 500 keV. Esto se hizo para aumentar el grado de

precisión, porque para una radiación más leve era esencial la influencia del fondo Compton y la absorción en el volumen de agua de la cubeta.

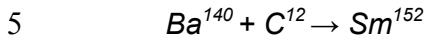
La Fig. 2 muestra los resultados promedios de la relación entre la actividad del isótopo La^{140} en las cubetas experimentales ($Q_{cultures}$) y en las cubetas de control ($Q_{control}$) tras un tiempo de iniciado el experimento. Este isótopo tiene una vida relativamente pequeña ($\tau_{La} = 40,3$ horas), se forma en descomposición beta $Ba^{140} \rightarrow La^{140} + \beta^- + \tilde{\nu}$ y es el isótopo resultante de la transmutación inestable del isótopo de más larga vida Ba^{140} , equivalente a $\tau_{Ba} = 12,7$ días.

Las actividades promedias originales de los isótopos Ba^{140} y La^{140} (al décimo día de la toma de muestra de agua en la zona activa del reactor) para cada cubeta eran $Q_{Ba^{140}}/V = 5400 \text{ bk/l}$ y $Q_{La^{140}}/V = 8500 \text{ bk/l}$, respectivamente. Como ($\tau_{La} \ll \tau_{Ba}$), la reducción de actividad La^{140} observada reflejaba la reducción de actividad de Ba^{140} .

Se descubrió que la reducción de la actividad de La^{140} en las cubetas de control estaba en conformidad aproximada a la ley de desintegración "estandarizada" del isótopo Ba^{140} con un valor tabular de duración de vida. La misma ley de reducción de la actividad de La^{140} se observaba en cubetas con gránulos de hasta el décimo día del experimento. Después de este período inicial de adaptación, las mediciones periódicas manifestaron que la velocidad de reducción de la actividad de La^{140} (y también en el caso de la actividad de Ba^{140}) correspondía (era equivalente según la ley de cambio de actividad) a la desintegración más acelerada. La extrapolación demostró que la duración eficiente de vida de este isótopo se redujo aproximadamente en 2 veces con relación a la duración de vida de Ba^{140} .

Estos resultados pueden ser explicados a partir de la suposición de que el isótopo radiactivo Ba^{140} se transforma en las cubetas experimentales en isótopo no radiactivo de otro elemento químico. Al mismo tiempo, la presencia de la parte inicial invariable en la ley de desintegración puede ser explicada por los procesos, arriba discutidos, de adaptación de la asociación microbiológica a la acción de la irradiación radiactiva en la cubeta con agua activa. Este tiempo (cerca de 10 días) está bien correlacionado con el tiempo esperado de cambio de 5–10 generaciones de cultivos microbiológicos.

El análisis de posibles transformaciones de isótopos demostró que en el caso dado era posible la siguiente reacción de transmutación del isótopo radiactivo Ba^{140} hacia el núcleo estable de otro tipo



Esta reacción es energéticamente beneficiosa y se caracteriza por la energía positiva de reacción. El carbono necesario para esta reacción está presente en demasía en el volumen de gránulos microbiológicos.

10

Por efecto de la ley de inalterabilidad de la composición química de los objetos biológicos, que es una de las propiedades fundamentales de la materia viva, la reacción de transmutación de los isótopos en el sistema biológico será posible en el caso en el que como resultado de la reacción surge un isótopo correspondiente al elemento químico, que por sí solo forma parte de los elementos químicos necesarios o es el análogo bioquímico de determinado elemento. En el último caso éste debe tener aproximadamente el mismo radio iónico y la misma valencia, preferentemente. Entonces, la eficiencia de la reacción será mayor solo cuando el elemento químico necesario, o su análogo bioquímico, no está presente en el caldo de cultivo o está presente en cantidades muy inferiores.

20

La comparación de los iones Sm^{2+} y Ca^{2+} muestra que ambos son análogos bioquímicos y tienen radio iónico similar en estado bivalente ($R_{Sm} \approx 1,2 \text{ A}$, $R_{Ca} \approx 1.06 \text{ A}$). El calcio forma parte de los elementos necesarios y, si su concentración en el volumen de gránulos microbiológicos es menor, se puede afirmar que la asociación microbiológica en crecimiento pudo reponer la deficiencia de calcio por la síntesis de su análogo bioquímico (samario).

25

Es necesario tener en cuenta que la composición de la biomasa granulada formada a base de asociaciones sintróficas naturales obtenidas a partir de fermentos de productos residuales de animales o fangos naturales, por ejemplo, puede tener una composición química diferente. Para optimizar el crecimiento de esta biomasa se necesita un complejo equilibrado de macro- y microelementos básicos. La composición de los últimos puede ser determinada de modo experimental, añadiendo aleatoriamente microelementos básicos y analizando las modificaciones relacionadas de la eficiencia del proceso de transmutación.

30

En la investigación fueron empleadas idénticas cubetas obturadas de cristal, cada una de las cuales contenía 10 ml de agua destilada con disolución de Cs^{137} con actividad específica $Q_{Cs^{137}} \approx 2 \cdot 10^6 \text{ bq/l}$.

5 Igual cantidad de gránulos se colocaba en las 7 cubetas. Al agua activa, en 6 de estas cubetas se añadieron sales depuradas K, Ca, Na, Fe, Mg y P, respectivamente. Estos elementos químicos forman parte de los elementos componentes necesarios para cualquier sistema biológico. Dos cubetas adicionales fueron usadas para el control: una contenía agua radiactiva y gránulos (pero no contenía sales adicionales) y la otra sólo tenía agua
10 radiactiva.

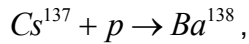
Todas las cubetas estaban obturadas y se mantenían a la temperatura de 20°C . Cada 7 días el mismo sensor medía el espectro de amplitudes de gamma-irradiación. Atención especial se prestaba a la disminución de la influencia de los errores relacionados con el proceso de
15 medición. Con este fin, se emplearon cubetas de baja altura y un sensor de cristal Ge de tamaño (diámetro) grande. Durante cada medición las cubetas se colocaban en la misma posición en el centro del cristal del sensor.

Los resultados de las modificaciones de la actividad del isótopo Cs^{137} se reflejan en la Fig.
20 3.

En la cubeta de control que sólo tenía agua radiactiva la modificación de actividad del isótopo Cs^{137} correspondía a la espontánea desintegración estandarizada con la duración de vida de cerca de 30 años.

25 La disminución más rápida de actividad (equivalente a la disminución de la duración de vida en 35 veces hasta alcanzar el valor $\tau^* \approx 310$ días) se observaba en la cubeta que contenía sal de calcio. En la cubeta con sal adicional de potasio la disminución de actividad de Cs^{137} correspondía a la duración de vida de 10 años. Esta disminución de actividad no fue
30 vinculada con la desintegración acelerada, sino fue el resultado de la reacción de reutilización del isótopo radiactivo Cs^{137} en el isótopo estable de otro elemento.

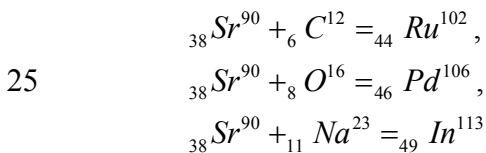
La reutilización supuesta del radionúclido Cs^{137} está vinculada a la reacción



que transcurre con participación de los protones del agua. El isótopo estable Ba^{138} es el resultado de la reacción.

5 Los iones Ba^{2+} y K^+ son análogos bioquímicos. Tienen aproximadamente radios iónicos idénticos en estado bivalente ($R_{Ba} \approx 1,4$ A, $R_K \approx 1,33$ A). Como el elemento sustituible (potasio) forma parte de los microelementos necesarios, la probabilidad de esta sustitución es bastante mayor y los iones de bario sintetizado pueden sustituir a los iones de potasio en procesos metabólicos durante el crecimiento de cultivos. Esta sustitución es más eficiente
 10 que el reemplazo "directo" de potasio por cesio en caso de carencia de potasio (esto se observa por la gran diferencia entre los radios iónicos de cesio $R_{Cs} \approx 1,65-1,69$ A y potasio $R_K \approx 1,33$ A). Cabe destacar que, una sustitución similar de iones se había observado anteriormente y analizado en experimentos con cultivo microbiológico *Blastocladiella emersonii* [Van Brunt J., Caldwell J. H., Harold F. M. Circulation of potassium across the
 15 plasma membrane of *Blastocladiella emersonii*: K-channel // *J. Bacteriol.*, 1982, v. 150, N 3, pp. 1449-1561]. En esos experimentos se había registrado la sustitución de iones K^+ por los iones Rb^+ y Ba^{2+} . Estos iones pueden sustituirse en procesos vinculados con el transporte de iones a la célula a través de la membrana.

20 Además, hay un radionúclido muy peligroso que se forma en el proceso de fisión y se conserva en el combustible consumido del reactor, se trata del isótopo Sr^{90} . Este isótopo puede ser reutilizado por medio de su transformación en diferentes isótopos estables de otros elementos en una de estas reacciones



En estas reacciones se forman isótopos estables Ru, Pd y In , que son análogos bioquímicos de microelementos necesarios como Fe y Mg , Ca y Mg , Fe y Mg , respectivamente. Esta correlación se determina por la igualdad aproximada de radios
 30 iónicos de estos elementos

$$R_{Ru}^{3+} = 0.77 A; R_{Fe}^{3+} = 0.6 - 0.67; R_{Mg}^{2+} = 0.7 - 0.78 A;$$

$$R_{Pd}^{2+} = 0.85 - 0.88 A; R_{Ca}^{2+} = 0.96 - 1.04; R_{Mg}^{2+} = 0.7 - 0.78 A;$$

$$R_{In}^{3+} = 0.8 - 0.9 A; R_{Fe}^{2+} = 0.75 - 0.83; R_{Mg}^{2+} = 0.7 - 0.78 A$$

Ante una carencia de elementos químicos necesarios es posible su sustitución por isótopos estables nuevamente sintetizados de los elementos *Ru, Pd* y *In*. Se observa que todos
 5 estos elementos son, en particular, análogos bioquímicos de *Mg* y *Fe*. Por consiguiente, en caso de carencia de *Mg* y *Fe* en el agua a tratar y en el medio activo estos pueden sustituirse por derivados de las tres posibles reacciones de reutilización de estroncio radiactivo.

10 El aumento de la eficiencia de la reutilización empleando sal de calcio adicional se origina en la regularidad general del metabolismo de los cultivos microbiológicos: el crecimiento óptimo del cultivo corresponde al balance necesario de todos los micro y macroelementos. Se supone que precisamente la carencia de calcio ha sido el “cuello de botella” que frenaba el proceso de crecimiento y transmutación asociada en el específico sistema microbiológico en
 15 crecimiento. Es evidente, que al emplear los gránulos preparados a partir de otras asociaciones sintróficas naturales, la influencia de las diversas sales puede ser distinta y debe determinarse por vía experimental.

Para garantizar la interacción nuclear de dos núcleos es necesario crear las condiciones de
 20 superación de la barrera coulombiana, que impide la aproximación de estos núcleos. La altura de esta barrera es bastante grande, mientras que su transparencia (en un caso modelo de ausencia de electrones atómicos) puede ser determinada mediante la dependencia

$$D \approx \exp(-2\pi Z_1 Z_2 / \hbar v),$$

25 que resulta de la fórmula Gamov

$$D = \exp(-2\hbar \int \sqrt{2m\{V(r) - E\}} dr / \hbar),$$

30 que depende de una completa $E = \mu v^2 / 2$ y de la energía potencial (coulombiana) $V(r) = Z_1 Z_2 e^2 / r$ de rechazo mutuo de los núcleos con cargas $Z_1 e$ y $Z_2 e$. Aquí,

$\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ es la masa "reducida" de núcleos interactuantes, la cual depende de la masa de cada núcleo. Para las partículas que se encuentran en estado de equilibrio térmico, $v \approx \langle v \rangle = \sqrt{kT/4\mu}$.

- 5 La estimación del efecto de pantalla de los electrones atómicos produce la reducción del ancho de esta barrera y, respectivamente, el aumento del coeficiente de transparencia, que puede ser tomado en consideración mediante la introducción de energía eficiente adicional, lo cual corresponde a la sustitución $E = kT + E_{eff}$. En la interacción de los átomos de hidrógeno $E_{eff} \approx 27 eV$. En el caso del sistema biológico $E = E_{eff}$, cuando la transparencia
- 10 de la barrera es igual un valor muy inferior $D \approx 10^{-100}$.

Esta probabilidad será mucho menor en la interacción de núcleos más pesados. Por ejemplo, en la interacción de núcleos de cesio e hidrógeno $E_{eff} \approx 300 eV$, cuando la transparencia de la barrera a la temperatura de $kT \ll E_{eff}$ es igual a $D \approx 10^{-1000}$.

- 15 Aproximadamente la misma ínfima probabilidad corresponde al caso donde una o ambas partículas interactuantes (núcleos interactuantes en medio electrónico) se encuentran en un hueco estacionario de potencial.

- 20 Esas valoraciones demuestran que las reacciones nucleares "ordinarias" en organismos vivos son imposibles a temperaturas características para el proceso de crecimiento de cultivos microbiológicos. Esta conclusión corresponde a la situación en que se analiza la interacción pareada de núcleos en espacio libre o en el hueco estacionario de potencial.

- 25 En las obras del autor (V.I.Vysotskii, M.V.Vysotsky. "Coherent correlated states and low-energy nuclear reactions in non stationary systems". *European Physical Journal. A*, 2013, v. 49, issue 8: 99; y V.I.Vysotskii, S.V.Adamenko, M.V.Vysotsky. 2013. "Acceleration of low energy nuclear reactions by formation of correlated states of interacting particles in dynamical systems", *Annals of Nuclear Energy*, 2013, v. 62, 618-625) se manifiesta que en caso de cierta deformación no estacionaria del hueco de potencial, en el que se encuentra al
- 30 menos una de las partículas interactuantes, se da un aumento considerable de la transparencia de la barrera nuclear. Este resultado está vinculado a la formación de estados coherentes correlacionadas de la partícula, para los que tiene lugar el efecto de sincronización y composición eficiente (interferencia) de fluctuaciones de diferentes componentes de su impulso en estado no estacionario de superposición. Con esa

composición se forman mayores fluctuaciones agregadas de impulso completo y fluctuaciones de energía cinética de la partícula, que favorece al aumento considerable del coeficiente de transparencia de la barrera potencial y, naturalmente, al aumento análogo de la probabilidad de reacción nuclear de la síntesis. La interpretación sencilla de este fenómeno de mecánica cuántica consiste en lo siguiente.

La partícula puede encontrarse en estado de superposición con diferente probabilidad en niveles distintos de energía E_n del hueco de potencial (véase la Fig.4).

En este sistema la dispersión del impulso completo de la partícula y el valor promedio de la energía cinética se determinan por las fórmulas siguientes

$$\sigma_p \equiv \langle \{\bar{p}(t) - \langle \bar{p}(t) \rangle\}^2 \rangle = \left\langle \left\{ \sum_n^N \Delta \bar{p}_n(t) \right\}^2 \right\rangle = N \langle (\Delta \bar{p}_n)^2 \rangle + N^2 \langle \Delta \bar{p}_n \Delta \bar{p}_m \rangle,$$

$$\langle T \rangle = \sigma_p / 2m$$

En caso de un estado "regular" (o sea, no coherente y no correlacionado) las fluctuaciones de impulso en estados diferentes son mutuamente independientes, y $\langle \Delta \bar{p}_n \Delta \bar{p}_m \rangle = 0$. En este caso, el valor promedio de la energía cinética de la partícula se determina por el valor de $\langle T_{noncorr} \rangle = N \langle (\Delta \bar{p}_n)^2 \rangle / 2m = N \langle T_n \rangle$.

Esta correlación corresponde a las concepciones estandarizadas, el promedio de la energía cinética de la partícula en el sistema de niveles cuánticos en el hueco de potencial es igual a la suma de energías promedias en estos niveles.

En el caso de un estado coherente correlacionado $\langle \Delta \bar{p}_n \Delta \bar{p}_m \rangle \neq 0$ y de energía cinética

promedia será igual a

$$\langle T_{corr} \rangle = \sigma_p / 2mN = \langle (\Delta \bar{p}_n)^2 \rangle / 2m + N^2 \langle \Delta \bar{p}_n \Delta \bar{p}_m \rangle / 2m =$$

$$\langle T_{noncorr} \rangle + N^2 \langle \Delta \bar{p}_n \Delta \bar{p}_m \rangle / 2m$$

En este caso se da el aumento considerable del promedio de la energía cinética de la partícula en el sistema de niveles múltiples.

Particularmente, si

$$\langle (\Delta \vec{p}_n)^2 \rangle / 2m = \langle \Delta \vec{p}_n \Delta \vec{p}_m \rangle / 2m = \langle T \rangle / N ,$$

entonces en el caso de un estado no coherente ni correlacionado $\langle T_{noncorr} \rangle = N \langle T_n \rangle$, y para el estado coherente correlacionado $\langle T_{corr} \rangle = (N + 1) \langle T_{noncorr} \rangle$.

5

Se observa, que en este caso se da un aumento del promedio de la energía cinética en $N + 1 \gg 1$ veces. La presencia o ausencia de fluctuaciones de estos impulso gigantesco está representada con el vector mayor debajo de la imagen derecha en la Fig.4 y con el vector menor debajo de la imagen izquierda. En situaciones reales la correlación entre estas dos fluctuaciones es muchísimo mayor.

10

Formalmente, la existencia de este estado se caracterizada por el coeficiente de correlación determinada por la fórmula

15

$$r(t) = \langle q\hat{p} + \hat{p}q \rangle / 2\delta q\delta p, \quad \delta q = \sqrt{\sigma_q}, \quad \delta p = \sqrt{\sigma_p},$$

así como por la correlación modificada de indeterminaciones (correlación de indeterminaciones Schrödinger – Robertson)

20

$$\delta q\delta p \geq \hbar / 2\sqrt{1-r^2}$$

El valor $|r|$ se mide en el intervalo $0 \leq |r| \leq 1$. A falta de una correlación entre la coordenada q y el impulso p de la partícula, tenemos $r = 0$, y la última fórmula adquiere la forma de correlación de interdeterminaciones Heisenberg $\delta q\delta p \geq \hbar / 2$.

25

En el caso límite de un estado totalmente correlacionado $|r| \rightarrow 1$, la dispersión del impulso de la partícula se hace ilimitadamente superior, mientras que el coeficiente de transparencia D de cualquiera barrera potencial aumenta hasta el valor máximo $D \rightarrow 1$ con la energía arbitraria menor de la partícula.

30

Las obras, particularmente, muestran que cuando el hueco de potencial, donde se encuentra una de las partículas interactuantes, se comprime rápida y monótonamente el coeficiente de correlación aumenta hasta el valor $|r| \geq 1 - 10^6$, lo que provoca el aumento del coeficiente de

transparencia en muchos órdenes de magnitud de los valores extremadamente inferiores $D_{noncorr} \approx 10^{-100} \dots 10^{-1000}$ para los estados "ordinarios" (no correlacionados) de la partícula hasta el valor $D_{corr} \rightarrow 1$.

5 Por causa de la irregularidad local del proceso de crecimiento y el carácter dinámico de fenómenos biofísicos (división celular, replicación del ADN, etc.), los huecos de potencial similares surgen inevitablemente en la zona de crecimiento de cualquier objeto biológico, existen durante cierto tiempo y luego desaparecen por influencia de impactos accidentales de átomos y moléculas.

10

En cada uno de estos huecos de potencial variables, por un tiempo corto, es posible la formación de partículas coherentes correlacionadas que se encuentran en ese lugar. Si en este mismo lugar están presentes ambos núcleos potencialmente idóneos para una síntesis necesaria (por ejemplo, átomos de estroncio e hidrógeno), entonces la probabilidad de

15

reacción de la reutilización del radionúclido $Cs^{137} + p = Ba^{138}$ sería bastante mayor. Al mismo tiempo, en objetos biológicos de crecimiento rápido ocurre una continua autoreproducción de gran cantidad de tales huecos de potencial comprimidos, cada uno de los cuales, disponiendo de todas las condiciones requeridas, sería un microreactor nuclear de acción única. Tal efecto es imposible en sistemas estáticos.

REIVINDICACIONES

1. Método de eliminación de radionúclidos del agua que consiste en crear en la disolución acuosa a tratar las condiciones para una transmutación nuclear, en los cultivos microbiológicos en crecimiento, de los isótopos radiactivos de unos elementos químicos (Isótopo 3) en isótopos no radiactivos de otros elementos químicos (Isótopo 1); para ello inicialmente se prepara un caldo de cultivo para el crecimiento de cultivos microbiológicos con carencia del elemento químico correspondiente al Isótopo 1 y que contiene componentes isotópicos (Isótopo 2) necesarios para la transmutación; luego, en el caldo de cultivo mencionado se añade una biomasa de microorganismos y, en tres etapas, se efectúa el proceso de transmutación: en la primera se estimula el efecto de adaptación mutágena de los microorganismos, que contiene la biomasa, a Isótopos 3 por medio de una temporización gradual de la biomasa de microorganismos durante un intervalo de tiempo entre las 10 horas, para microorganismos aeróbicos, y hasta 24 horas, para los anaeróbicos, en el líquido cuya composición contiene la cantidad suficiente de agua para cubrir la biomasa con caldo de cultivo y la cantidad gradualmente aumentada por medio de adición de porciones de disolución acuosa con radionúclidos a eliminar, pero que no causan la muerte de la biomasa por irradiación radiactiva, hasta conseguir la concentración de la disolución a tratar; en la segunda etapa se realiza la optimización de la parte biológica del proceso de transmutación en la disolución obtenida por medio de una adición independiente de microelementos básicos necesarios y/o combinaciones de estos microelementos para después de la temporización durante cierto tiempo de las proporciones similares de biomasa sometida a la adaptación mutágena seleccionar aquellos microelementos y/o combinaciones de estos microelementos que aceleran al máximo el proceso de transmutación; en la tercera etapa, en la disolución acuosa a tratar se añaden los microelementos seleccionados y/o combinaciones de microelementos seleccionadas en la cantidad necesaria que garantice la máxima aceleración de la transmutación de los isótopos 3 en todo el volumen de la disolución acuosa a tratar, tras lo cual se mantienen durante el tiempo necesario para alcanzar el valor requerido de radioactividad residual de la disolución en tratamiento y finalmente la biomasa de microorganismos se evacua del agua tratada.
2. Método según reivindicación 1ª caracterizado porque la temporización en la primera etapa del proceso se efectúa a la temperatura en el intervalo de 30-40°C.

3. Método según reivindicación 1^a caracterizado porque tras la adición de la biomasa de microorganismos en el caldo de cultivo se efectúa la granulación de la sustancia obtenida en presencia de compuestos que forman gránulos estables impermeables al agua, cuya estructura no obstaculiza al movimiento libre del agua, de las sales disueltas en él y de los radionúclidos en todo el volumen de los gránulos
- 5
4. Método según reivindicación 1^a caracterizado porque la biomasa de microorganismos se forma empleando asociaciones sintróficas de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos.
5. Método según reivindicación 1^a caracterizado porque durante la eliminación de los radionúclidos en las disoluciones que contienen agua marina se emplea la biomasa de microorganismos que incluye asociaciones sintróficas de microbios en estados vitales y adaptadas al agua marina, por ejemplo, a base de fangos con capacidad vitales para los que el agua marina constituye un habitat natural.
- 10
6. Método según reivindicación 1^a caracterizado porque durante la tercera etapa del proceso las transmutaciones efectúan la mezcla continua de disolución acuosa con biomasa de microorganismos y/o el soplado de aire (burbujeo) a través de la disolución acuosa con biomasa.
- 15
7. Método según reivindicación 1^a caracterizado porque durante la eliminación de radionúclidos ${}_{55}\text{Cs}^{137}$ y ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ en las disoluciones acuosas se excluye del contenido del caldo de cultivo, o se disminuye, la concentración de elementos *Mg* y *K*.
- 20

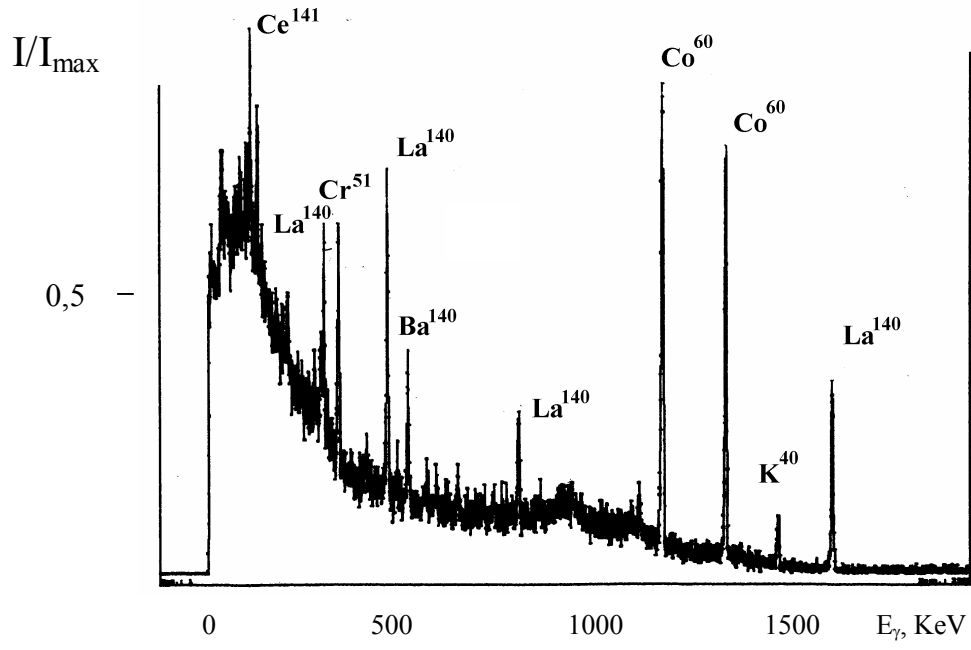


Fig. 1

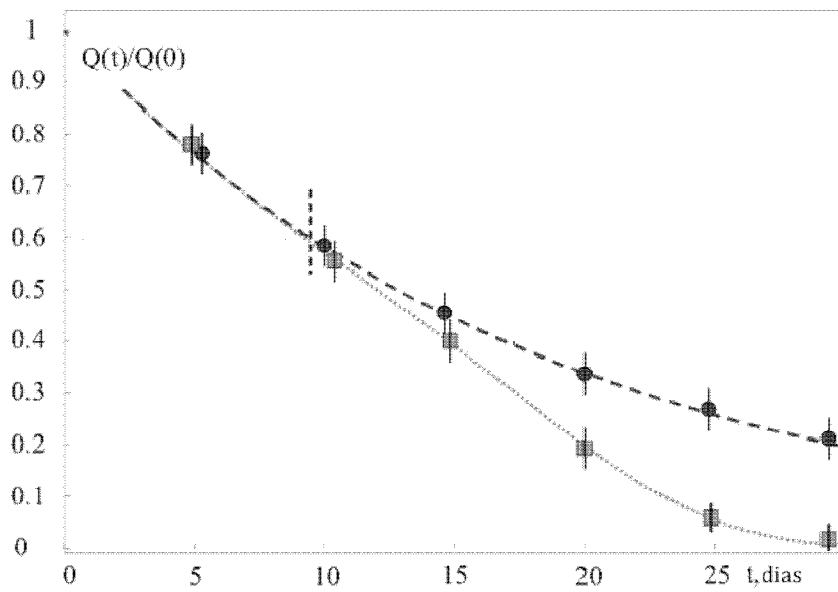


Fig. 2

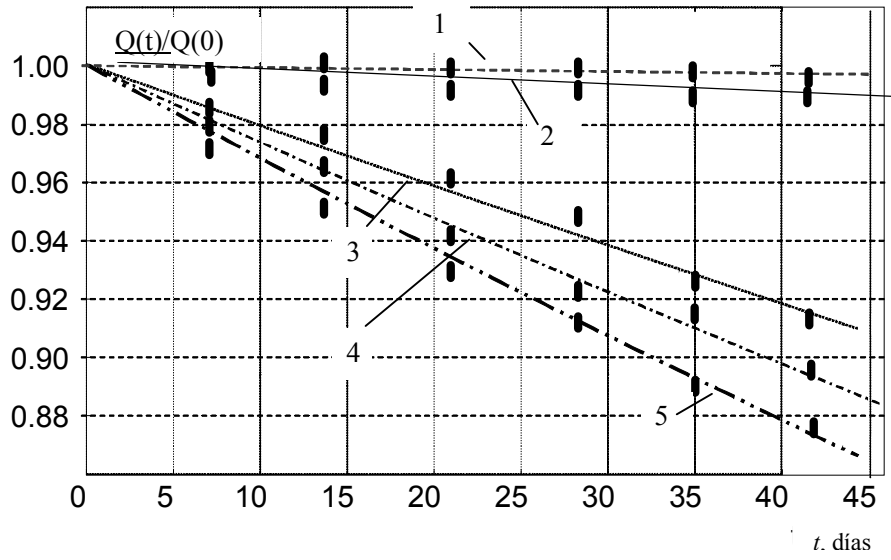


Fig. 3

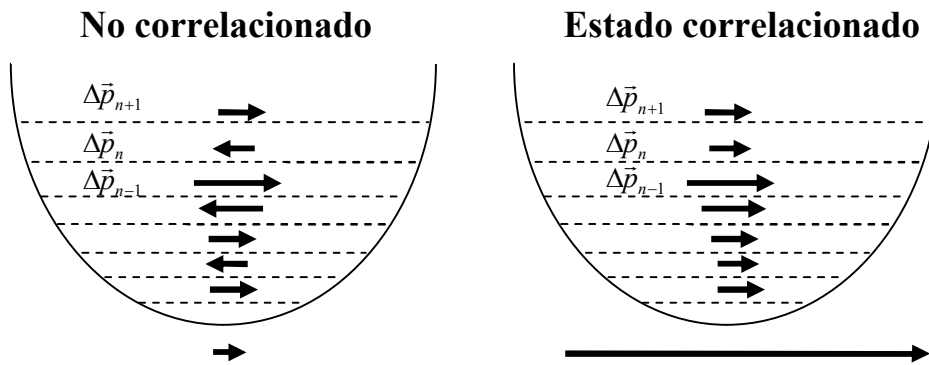


Fig. 4



- ②① N.º solicitud: 201430540
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 11.04.2014
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G21F9/18** (2006.01)
C02F1/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ES 2190758 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA et al.) 01.08.2003, página 2, columna 1, líneas 55-64; página 2, columna 2, líneas 25-39; resumen.	1-7
A	US 2013078707 A1 (RIVASSEAU CORINNE et al.) 28.03.2013, párrafos [0001],[0025],[0181]; resumen.	1-7
A	US 4721596 A (MARRIOTT RICHARD et al.) 26.01.1988, reivindicaciones 1,4,12; resumen.	1-7
A	US 5292456 A (FRANCIS AROKIASAMY J et al.) 08.03.1994, columna 16, línea 62; reivindicación 1; resumen.	1-7
A	US 2008241907 A1 (CHIDAMBARAM DEVICHARAN et al.) 02.10.2008, párrafos [0011],[0012].	1-7

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
30.07.2014

Examinador
S. González Peñalba

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C02F, G21F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, BIOSIS, NPL, MEDLINE, EMBASE, GOOGLE PATENTS, GOOGLE SCHOLAR

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 30.07.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-7	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-7	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2190758 A1 (UNIV MADRID POLITECNICA et al.)	01.08.2003
D02	US 2013078707 A1 (RIVASSEAU CORINNE et al.)	28.03.2013
D03	US 4721596 A (MARRIOTT RICHARD et al.)	26.01.1988
D04	US 5292456 A (FRANCIS AROKIASAMY J et al.)	08.03.1994
D05	US 2008241907 A1 (CHIDAMBARAM DEVICHARAN et al.)	02.10.2008

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud de patente hace referencia, tal y como ha sido presentada, a un método de eliminación de radionúclidos del agua que consiste en un método de tratamiento de disoluciones acuosas, que contienen radionúclidos, por el fenómeno de transmutación de iones de isótopos reactivos, en otros tipos de isótopos estables en cultivos microbiológicos crecientes. Para ello, primero se estimula el efecto de adaptación mutágena de los microorganismos por medio de una temporización gradual, segundo se realiza la optimización de la parte biológica del proceso de transmutación por medio de una adición independiente y/o combinaciones de microelementos, para después seleccionar aquellos microelementos y/o combinaciones que aceleran al máximo el proceso de transmutación y tercero, en la disolución acuosa a tratar se añaden los microelementos seleccionados (reivindicación 1). La temporización se efectúa a una temperatura comprendida en el intervalo de 30- 40 grados centígrados (reivindicación 2). Tras la adición de la biomasa de microorganismos en el caldo de cultivo se efectúa la granulación de la sustancia obtenida (véase reivindicación 3). La biomasa de microorganismos se forma mediante asociaciones sintróficas de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos (reivindicación 4). Para la eliminación de radionúclidos en disoluciones que contienen agua marina se utilizan asociaciones sintróficas adaptadas al agua marina (reivindicación 5). Se puede llevar a cabo el soplado de aire (burbujeo) a través de la disolución acuosa con biomasa (reivindicación 6). Durante la eliminación de radionúclidos $^{137}_{55}\text{Cs}$ y $^{90}_{38}\text{Sr}$ en las disoluciones acuosas se excluye del contenido del caldo de cultivo, o se disminuye, la concentración de Mg y K (reivindicación 7).

NOVEDAD Y ACTIVIDAD INVENTIVA ARTS. 6 Y 8 DE LA LP

El documento D01 hace referencia a un procedimiento de biorremediación para la concentración y eliminación de radionúclidos en las aguas reactivas y se basa en la capacidad que tiene los microorganismos para retener radionúclidos cuando crecen formando biopelículas sobre las superficies que colonizan (véase resumen). Se retienen, así, los radionúclidos del agua reactiva antes de que lleguen a las resinas de los filtros desmineralizadores, aumentando su vida útil y disminuyendo el volumen del material radiactivo a gestionar (véase página 2, columna 1, líneas 55-64). El material de biorreactor puede ser gestionado como material no radioactivo (véase página 2, columna 2, líneas 25-39).

El documento D02 se refiere a un alga del género *Coccomyxa*, en particular un alga de una nueva especie llamada *Coccomyxa* que se utiliza para la absorción de compuestos contaminantes en medio acuoso, en particular medios reactivos (véase resumen y párrafo [0001]). Entre los elementos radioactivos que puede absorber se encuentra el cesio (véase párrafos [0025] y [0181]).

El documento D03 describe un método para disminuir la cantidad de productos de fisión de larga vida presentes en residuos radioactivos y para ello se utilizan flujos de neutrones (véase resumen). Los neutrones son atrapados por los núcleos de los isótopos de larga vida, formando otros isótopos de vida más corta (véase reivindicación 1). Entre los productos de fisión se encuentra Sr^{90} (véase reivindicaciones 1 y 4) y Cs^{137} (véase reivindicación 12).

EL documento D04 trata sobre un método para la descontaminación de radionúclidos y otros metales tóxicos en sedimentos, lodos y medios acuáticos que comprende tratar el material contaminado con un agente complejante hidrocarboxílico en una solución. Dicha solución se trata después con *Pseudomonas fluorescense* y se somete a fotólisis para degradar el complejo y recuperar los radionúclidos y metales en forma concentrada a través de precipitación o incorporación en biomasa (véase resumen y reivindicación 1). Entre los elementos contaminantes se encuentra el estroncio (véase columna 16, línea 62).

El documento D05 divulga un método para cambiar el estado de valencia de especies reactivas redox, mediante el establecimiento de un cultivo acuoso bacteriano que contiene bacterias gram positivas. El cultivo bacteriano se encuentra en la cámara de cultivo y los residuos en la cámara de residuos, ambas cámaras se encuentran separadas por una membrana. Se consigue, de este modo, cambiar el estado de valencia de una especie activa redox a temperatura ambiente con un cultivo bacteriano acuoso de *Clostridium sp* sin contacto entre los residuos y el cultivo bacteriano. Entre los elementos contaminantes se encuentra el uranio (véase párrafos [0011] y [0012]).

Por lo tanto, la presente solicitud de patente, a la vista de los documentos citados del estado de la técnica y tal y como ha sido presentada, parece poseer novedad y actividad inventiva, ya que no se ha encontrado ningún documento que describa el método de eliminación de radionúclidos del agua comprendido en dicha solicitud. Ni tampoco, en los documentos citados, existen sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia la invención definida en las reivindicaciones 1-7. Por lo que, las reivindicaciones 1-7 cumplen los requisitos de novedad y actividad inventiva según los artículos 6 y 8 de la LP.