



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104575** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)  
**B01D 59/00**  
**B01D 61/24** (2006.01)  
**G21F 9/04** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2015 07052</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Долін Віктор Володимирович (UA),</b> <b>Зубко Олександр Вікторович (UA),</b> <b>Пушкар'юв Олександр Васильович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>15.07.2015</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.02.2016</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ДЕРЖАВНА УСТАНОВА "ІНСТИТУТ</b> <b>ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО</b> <b>СЕРЕДОВИЩА НАН УКРАЇНИ",</b> вул. Палладіна, 34А, м. Київ, 03680 (UA)
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.02.2016, Бюл.№ 3</b>	<b>(74)</b> Представник: <b>Долін Віктор Володимирович</b>

**(54) СПОСІБ ФРАКЦІОНУВАННЯ ІЗОТОПІВ ВОДНЮ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ**

**(57) Реферат:**

Спосіб фракціонування ізотопів водню у водних розчинах електролітів включає застосування електродіалізу для розділення ізотопів.

**UA 104575 U**



Корисна модель належить до галузі технологій розділення важких ізотопів водню для вирішення технологічних та екологічних проблем ядерної енергетики.

За нашою оцінкою сучасний вміст техногенно утвореного тритію у біосфері понад 20 разів перевищує його природний вміст та має стійкий тренд до збільшення унаслідок розвитку

5 ядерної енергетики [1].

Утворення тритію у сучасних ядерних реакторах переважно відбувається внаслідок низки ядерно-фізичних процесів, серед яких визначальними є наступні:

у легководних реакторах - потрібний поділ ядер атомів палива;

10 у важководних реакторах - поряд з процесом потрібного поділу, більша частина тритію утворюється унаслідок нейтронної активації дейтерію, що міститься у воді теплоносія/сповільнювача - важкої води.

Технологічно проблема очищення від тритію рідких скидів АЕС, стоків заводів з перероблення відпрацьованого ядерного палива, наразі лишається невирішеною. Для очищення невеликих об'ємів високоактивних технологічних вод від тритію на АЕС

15 використовують спосіб ізотопного обміну в системі "водень-вода" [Патенти RU 2380144, РФ № 2060801]. При цьому досягається значний ізотопний ефект, проте дані технології потребують значних енергетичних затрат для переведення тритійованої води (НТО) в паро-газовий стан [РФ № 2295493].

Забруднення теплоносія/сповільнювача (важкої води) важководних реакторів тритієм веде

20 до необхідності його заміни зі затратами до 50 млн. доларів США на рік. Існуючі технології розділення дейтерію і тритію у теплоносії (сповільнювачі) важководних реакторів, які ґрунтуються на кріоректифікації [2], обміну ізотопів водню між рідкою водою та газоподібним воднем на каталізаторі [патент РФ № 2148426], також є енергозатратними.

Наразі існує низка способів розділення і фракціонування ізотопів водню деякі з них мають

25 технологічне застосування.

Спосіб ректифікації води, в основі якого лежить неоднакова леткість  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HDO}$ ,  $\text{DTO}$  та  $\text{НТО}$  внаслідок різниці температур їх кипіння [Патенти RU 2201283, RU 2274607, RU 2400433, США 4799945, РФ 2142914]. У процесі ректифікації парова фаза збагачується більш легкою  $\text{H}_2\text{O}$ , а

30 рідка фаза - менш легкою важкою формою водню, що обумовлює концентрування дейтерію та тритію в кубовому залишку ректифікаційної колони. Головний недолік способу - низька ефективність фракціонування. Коефіцієнт розділення ізотопів складає приблизно 1,1 [Патенти UA 57558, RU 2010772, RU 2091336].

Способи, що поєднують ректифікацію з термодифузним хімічним ізотопним обміном води та легкої речовини: аміак, алкіламіни, сірководень, меркаптани тощо.

35 Спосіб розділення  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HDO}$ ,  $\text{DTO}$  та  $\text{НТО}$  шляхом електролізу водних розчинів лужних електролітів. При цьому більш легкий протій відновлюється на катоді та відділяється у газоподібному стані, а більш важкий дейтерій або тритій накопичується в електроліті.

В залежності від матеріалу катоду, його поверхні, а також складу електроліту та сили струму коефіцієнт фракціонування ізотопів водню може досягати 10. При застосуванні каскадної схеми

40 електролізу можна досягнути будь-якої концентрації дейтерію або тритію в електролізному залишку. Головний недолік цього методу - велика енергоємність та вибухонебезпечність процесу [3].

Розроблений також парогазовий метод, де проходить ізотопний обмін між парою тритієвої води і газоподібним протієм у присутності каталізаторів [патенти RU 2380144, РФ № 2060801, РФ № 2525423, RU 2148426]. Як каталізатор використовують переважно паладій або платину. При застосуванні більш дешевого каталізатора на основі нікелю та його сплавів виникає

45 необхідність збільшення тиску реакції для прискорення процесу обмінної взаємодії в системі водень - водяний пар. За рахунок ізотопного обміну утворюється легка протієва вода та водень, в якому акумулюється тритій. Отриманий, таким чином важкий водень, використовують для

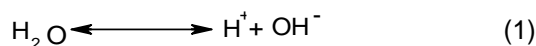
50 подальшого розділення ізотопів.

В основу корисної моделі поставлена задача розроблення енергетично ефективного способу розділення ізотопів водню у розчинах тритійованої протієвої і дейтерієвої води.

Електродіаліз НТО і DTO

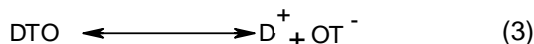
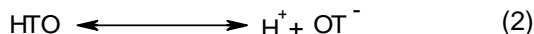
В основу способу розділення ізотопів водню покладено принцип дисоціації молекул води:

55



Під впливом прикладеного електричного поля відбувається міграція іонів, що утворилися, до електродів та їх концентрування в анодному і катодному просторі електродіалізатора. Відомо,

що важкі ізографи водню утворюють міцніший ковалентний зв'язок з киснем в порівнянні з протієм [4]. Тому процес дисоціації молекул  $\text{H}_2\text{O}$ , які містять змішані ізографи водню повинен відбуватися з переважним накопиченням легкого ізографу в катіонній, важкого - в аніонній формі:



При дисоціації молекул води за схемами (2) і (3) відбувається зменшення концентрації тритію в катодному просторі електродіалізаційної комірки та збільшення - в анодному, а також середньому (нейтральному).

Приклад

Для розділення ізографів водню застосовували трикамерний електродіалізатор (фіг. 1), в якому катодна (+), анодна (-) і нейтральна (центральна) камери розділені ультрафільтраційними політетрафторетиленовими (PTFE) мембранами з діаметром пор 0,45 мкм. На 1 л розчину тритійованої води (дейтерієвої і протієвої) вносили 2,5 г безводного сульфату натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) для одержання 0,25 % розчину електроліту. Розчини тритійованої води приміщували у всі три камери електродіалізатора таким чином, щоб рівні рідкої фази у камерах були однаковими. Електродіаліз проводили протягом 60 хвилин за напруги між електродами  $4 \pm 0,1$  В, та сили струму не більшою 0,01 А.

Після електродіалізу визначали вміст тритію у катодній, анодній і середній (нейтральній) камерах рідинно-сцинтиляційним методом. Накопичення надважкого ізографу в розчині протієвої води (НТО) відбувається в аноліті та нейтральній камері (фіг 2а), ступінь фракціонування ( $\alpha$ ) сягає 1,19 (табл.) У розчині дейтерієвої води (ДТО) тритій накопичується у нейтральній камері діалізатора (фіг. 2б), ступінь фракціонування досягає 1,25 (табл.) Збільшення ступеня фракціонування здійснюється шляхом застосування каскадної системи електродіалізу.

Таблиця

Співвідношення вмісту тритію у камерах після завершення електродіалізу

Тип води	Католіт (К)Бк	Аноліт (А)Бк	Нейтральна (N)Бк	$\alpha$
НТО	111	128	132	1,19
ДТО	140	174	153	1,25

Корисна модель дає змогу вирішити завдання фракціонування ізографів водню у розчинах протієвої і дейтерієвої води шляхом використання енергозберігаючих та безпечних процесів для розбавлених водних електролітів у порівнянні з електролізом. Енергетична ефективність електродіалізаційного фракціонування тритію порівняно з відомим електролізним методом, у якому витрата електроенергії становить 4,94 Вт·год. на 1 г. води, становить 1111,5 разів.

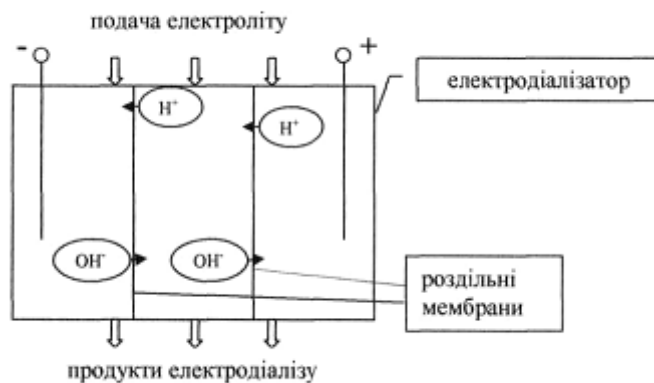
Корисна модель містить принципово новий енергоощадний спосіб розділення ізографів водню у водних розчинах, який полягає у використанні електродіалізу для технологічного процесу фракціонування ізографів водню. Корисна модель може мати застосування в ядерній енергетиці при очищенні та переробці рідких радіоактивних відходів, що містять дейтерій і тритій з метою розділення а також концентрування важких ізографів водню. Спосіб електродіалізаційного фракціонування може застосовуватися для утилізації сполук, мічених ізограпами дейтерію і тритію, після їх окисної деструкції та переведення у водну форму.

Джерела інформації:

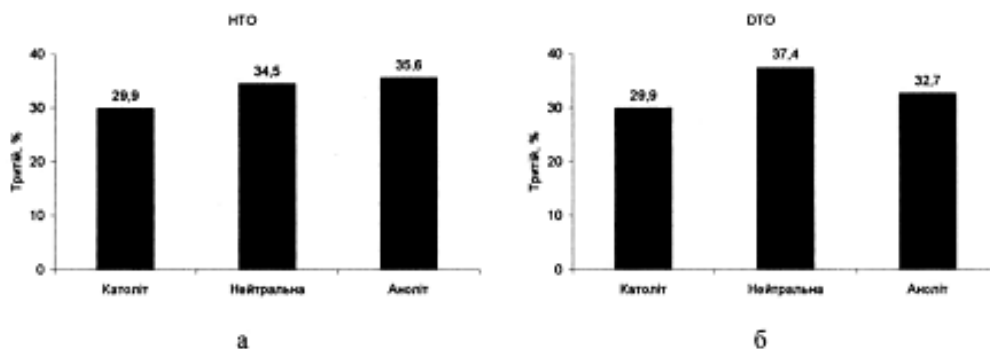
1. Тритій у біосфері / за ред. Е.В. Соботовича, В.В. Доліна. - К.: Наук, думка, 2012.-224 с.
2. Алексеев И.А., Коноплев К.А., Тренин В.Д. Установка изотопной очистки (История, современное состояние и перспективы) // ПИЯФ.-1996. - Т. XXV. - С. 150-157.
3. Прикладная электрохимия/ под. ред. проф. А.П. Томилова. - 3-е изд., перераб. - М.: Химия, 1984. 520 с, ил.
4. Белл Р. Протон в химии- Изд-во: Мир М. 1977 384с.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб фракціонування ізоотопів водню у водних розчинах електролітів, який **відрізняється** тим, що для розділення ізоотопів застосовують електродіаліз, який порівняно з існуючими аналогами є енергоефективний та вибухобезпечний.
2. Спосіб розділення тритію і протію за п. 1, який **відрізняється** тим, що тритій накопичується в аноліті, а протій - в католіті.
3. Спосіб розділення тритію і дейтерію за п. 1, який **відрізняється** тим, що тритій накопичується в нейтральній камері, а дейтерій - в католіті.



фіг. 1



фіг. 2

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601