

Корисна модель відноситься до області обробки води, зокрема, до обробки води баромембранними методами (ультрафільтрацією), і може бути використаний для очистки води від урану в гірничодобувній, хімічній, атомній та інших галузях промисловості.

Відомий баромембранний спосіб очистки води від урану [Pat.2772742, France, C02F1/58 Precede de separation de metaux par ultrafiltration micellare, utilisable pour le traitement d'effluents radioactifs. Tounisson P., Hebrant M., Rodehuser L., Tondre C.; Cie generale des materies nucleaires SA, N9716358] [1]. Способом [1] очищають слабозабруднені стічні води атомних електростанцій. Спосіб [1] реалізується в ємкості, розділеній по вертикалі ультрафільтраційною мембраною на два рівні об'єми при робочому тиску до 0,5МПа (5атм). Дно ємності виконане у вигляді фільтра, через який проводиться друга стадія освітлення. Величина рН встановлюється у межах 3,5-4,0. У стічні води перед подачею на фільтр дозується поліоксіетилен, котрий утворює із ураніл-іонами агрегати, які потім відфільтровуються на ультрафільтрі. Ступінь очистки складає 99%.

Основними недоліками способу [1] є те, що для встановлення відповідного рН потрібне внесення значної кількості реагента-підкислювача (кислоти), а також попереднє введення у стічні води достатньо дорогого комплексоутворювача поліоксіетилену для ефективного виділення урану, що набагато подорожчує сам процес очистки. Крім того, для регенерування металу (урану), придатного для використання, необхідне додавання у технологічній схемі блоку розрушення комплексу і відновлення металу. Це теж додає вартості самого способу очистки і технологічна схема стає громіздкою. Тобто, не зважаючи на досить високий ступінь очистки, цей спосіб виглядає досить дорогим і громіздким.

Найбільш близьким до корисної моделі за технічною суттю і результатом, що досягається, є спосіб очистки уранвмісних вод [Raff O., Wilken R. Removal of dissolved uranium by nanofiltration. Desalination, 1999, 122, N2-3, pp.147-150] [2].

Спосіб [2] реалізується у ємності, у яку можна помістити від однієї до чотирьох нанофільтраційних мембран. Одна мембрана затримує від 90 до 93% вказаних іонів. Встановлено, що чотирьохмембранна система затримує від 95 до 98% урану у вигляді комплексів $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ або $UO_2(CO_3)_2^{2-}$.

Для визначення ефективності відомого способу [2] нами було досліджено очистку уранвмісної води із концентрацією 10мг/л урану (VI) з використанням нанофільтраційної мембрани ОПМН-П із діаметром пор 3-8нм. Роботу виконували у комірці об'ємом 1дм³ у "тупиковому" режимі, коли фільтрування відбувається шляхом продавлення очищуваної води у комірці через мембрану зверху вниз [Международная терминология по мембранам и мембранным процессам. Рекомендации Международного объединения специалистов по теоретической и прикладной химии (IUPAC), 1996, разд.І. Основные термины, позиция №8] [3]. Робочий тиск складав 0,2МПа. Робоча площа мембрани - 0,95см. Тиск створювали шляхом подачі стисненого повітря рН робочого розчину - 8.

Отримані нами результати свідчать про те, що ступінь очистки при цьому дорівнював 96,0%, а в той же час продуктивність, основною характеристикою якої є трансмембранний потік, становила 3,7-4,2л/м² год. Таким чином, основним недоліком відомого способу [2] є низька продуктивність нанофільтраційного процесу очистки уранвмісних вод.

Крім того реалізація відомого способу [2] потребує застосування великої кількості мембран, що значно подорожчає процес і вимагає використання громіздкого обладнання.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити спосіб очистки води від урану шляхом використання ультрафільтраційної мембрани із відповідним розміром пор і створення необхідного рН середовища, що забезпечило б суттєве збільшення продуктивності при досягненні високого ступеня очистки і здешевлення процесу очистки.

Поставлена задача вирішується способом очистки води від урану, заснованим на баромембранному фільтруванні, у якому, згідно з винаходом, баромембранне фільтрування здійснюють на ультрафільтрі із діаметром пор 20-30нм і проведенні процесу при рН середовища 8-11 та робочому тиску 0,2МПа (2атм).

Нами встановлено, що при заявлених величинах рН середовища 8-11 та при використанні ультрафільтраційної мембрани із розміром пор 20-30нм створюються умови для ефективного видалення урану, як ми вважаємо, у вигляді гідроксокомплексів. Таким чином забезпечується ефективна очистка води від урану, ступінь очистки якої - 92,0-95,5% при досить високій продуктивності мембран - на рівні 64,7-82,3л/м² год. Крім того, значно скорочуються витрати на додаткові реагенти та технологічні вузли установки, що значно здешевлює процес очистки уранвмісної води.

Спосіб реалізується таким чином.

Для процесу очистки уранвмісної води використовували ультрафільтраційну мембрану УПМ-20. Мембрана УПМ-20 - це полімерна сульфонамідна мембрана виробництва фірми "Владипор", Росія із розміром пор 20-30нм. На вказаному підприємстві випускають ультрафільтраційні полімерні мембрани із розміром пор від 10 до 55нм. Фільтрування проводили у так званому "тупиковому" режимі з використанням комірки об'ємом 1 дм³ при тиску 0,2МПа. Тиск створювали шляхом подачі стисненого повітря. Робоча площа мембрани УПМ-20 у всіх виконаних роботах - 0,95дм². При "тупиковому" фільтруванні відбувається продавлення очищуваної води у комірці через мембрану зверху вниз.

Воду, яка містить 10мг/дм³ урану, фільтрували при тиску 0,2МПа. Проби пермеату (очищеної води) по 40см³ відбирали до встановлення стабільних концентрацій урану в них. Уран визначали фотометричним методом за допомогою арсеназо III. Методика визначення описана у [E. Upor, M. Mohai and C. Novak, Photometric Methods in Inorganic Trace Analyses. Academiai Kiado, Budapest, 1985, 362p.] [4].

Приклад виконання за корисною моделлю:

Очистці піддавали воду із вмістом урану 10мг/дм³. Розчин урану готували із сульфату уранілу $UO_2SO_4 \cdot 3H_2O$. Для процесу очистки уранвмісної води використовували ультрафільтраційну полісульфонамідну мембрану УПМ-20.

Робоча площа мембрани УПМ-20 - 0,95дм, розмір пор 20нм.

Фільтрування уранвмісної води проводили у "тупиковому" режимі з використанням комірки об'ємом 1дм³. Тиск, який створювали шляхом подачі стисненого повітря, при цьому складав 0,2МПа. Перед подачею в комірку у

воду вводили гідроксид натрію для створення рН, рівного 9.

Воду вищевказаного складу об'ємом $0,5\text{дм}^3$ фільтрували при тиску $0,2\text{МПа}$ через мембрану УПМ-20 у "тупиковому" режимі до досягнення стабільних значень концентрації урану, що складає $0,7\text{мг/дм}^3$ у відібраних пробах пермеату. Ця концентрація відповідає ступеню очистки $95,0\%$. При цьому продуктивність мембрани дорівнює $68,2\text{л/м}^2$ год (таблиця, приклад 3).

Таблиця

№ п/п	Розмір пор мембрани, нм	рН середовища	Ступінь очистки, %	Продуктивність мембрани, л/м^2 год
За корисною моделлю				
1	20	8	94,0	70,1
2	30	8	92,0	82,3
3	20	9	95,0	68,2
4	20	10	95,5	65,1
5	30	10	93,0	73,6
6	20	11	95,0	64,7
Поза межні значення				
7	10	8	95,0	9,1
8	50	9	82,0	89,3
9	20	5	85,0	72,5
10	20	12	92,0	58,0
За прототипом				
11	<10	8	96,0	3,7-4,2

Аналогічно прикладу виконання за корисною моделлю були проведені досліді по очистці води, яка містить 10мг/дм^3 урану із використанням мембран із різним діаметром пор, при різному значенні рН середовища: як у межах заявляемого діапазону, так і поза його межами. Отримані результати представлені у таблиці (приклади 1-10).

Встановлено, що при заявляємих величинах рН середовища 8-11 та при використанні ультрафільтраційної мембрани із діаметром пор 20-30нм створюються умови для ефективного видалення урану, тобто отримано ступінь очистки $92,0-95,5\%$ при продуктивності $64,7-82,3\text{л/м}^2$ год (таблиця, приклади 1-6).

При використанні мембран із розміром пор нижче межі, що заявляється, наприклад 10нм отримано високий ступінь очистки ($95,0\%$), але продуктивність сягає всього лише $9,1\text{л/м}^2$ год, що потребує більшої тривалості очистки води від урану. Такі показники мембранного процесу розділення зумовлені тим, що мембрана УПМ-10 за своїми характеристиками є проміжною між нанофільтраційною та ультрафільтраційною. За розміром пор вона близька до нанофільтраційної мембрани (таблиця, приклад 7).

При очистці води з використанням мембрани УПМ-50, розмір пор якої - 50нм, тобто вище верхньої межі, ступінь очистки води від урану значно зменшується (до 82%), хоча продуктивність лишається достатньо високою (таблиця, приклад 8).

При очистці води, рН якої нижче заявленого діапазону і дорівнює, наприклад, 5, при використанні мембрани із заявляємим розміром пор ступінь очистки значно знижується і досягає всього лише 85% при високій продуктивності (таблиця, приклад 9).

У випадку, коли воду очищають при рН середовища вище заявляємої межі, наприклад, рН 12, за допомогою мембрани, розмір пор якої знаходиться у заявляємих межах, то відбувається зменшення і ступеня очистки, і продуктивності, відповідно $92,0\%$ та $58,0\text{л/м}^2$ год. Це пов'язане з тим, що верхня межа значення рН середовища (рН 11) обмежена експлуатаційними характеристиками мембрани, оскільки оптимальні величини рН, при яких мембрана функціонує, це - рН 2-12 [Полимерные мембраны ВЛАДИПОР, г. Владимир, 1999, с.7-8] [5].

Встановлено, що оптимальним розміром пор ультрафільтраційної мембрани, яка забезпечує ефективний процес очистки води від урану, є діапазон розміру пор мембрани 20-30нм та оптимальним рН середовища є рН 8-11.

Переваги запропонованого способу очистки води від урану порівняно із відомими полягають у наступному. Реалізація запропонованого способу забезпечує високий ступінь очистки ($92,0-95,5\%$) при суттєвому збільшенні продуктивності від $3,7-4,2\text{л/м}^2$ год до $64,7-82,3\text{л/м}^2$ год, тобто у 17,5-19,5 разів. Крім того, запропонований спосіб простий стосовно використаного обладнання і не вимагає створення високого тиску.