

## ВИЛУЧЕННЯ УРАНУ (VI) З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ВОЛОКНИСТИМИ ІОНІТАМИ ФІБАН В ДИНАМІЧНИХ УМОВАХ

Перлова О. В.<sup>1</sup>, Жекова К. І.<sup>1</sup>, Полікарпов О. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, [zhekovak22@gmail.com](mailto:zhekovak22@gmail.com)

<sup>2</sup> ГНУ «Інститут фізико-органічної хімії НАН Білорусі», Мінськ

Вилучення сполук урану (VI) з техногенних вод є актуальною екологічною проблемою, зумовленою переробкою урановмісних руд [1]. Одним з основних методів вилучення сполук урану (VI) з розбавлених водних розчинів є сорбція, тому важливим є пошук ефективних сорбентів комплексної дії. Перспективними сорбентами є волокнисті іоніти ФІБАН (розробка Інституту фізико-органічної хімії НАН Білорусі). Ці іоніти рекомендуються не тільки для пом'якшення та деонізації води, але і для вилучення катіонів металів ( $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Pd^{2+}$ ) з водних розчинів. Порівняно з гранульованими іонітами іонообмінні волокна володіють більш розвиненою поверхнею завдяки малому діаметру (20-50 мкм) елементарного волокна, кращими кінетичними та гідродинамічними характеристиками, які забезпечують високу швидкість обміну і більшу доступність йоногенних груп для іонів, які обмінюються [2]. Раніше [3-4] нами було показано, що волокнисті іоніти ФІБАН можна використовувати для вилучення сполук урану (VI) з водних розчинів у статичному режимі.

Мета роботи: встановити ефективність використання волокнистих іонітів ФІБАН для вилучення сполук урану (VI) з нітратних, сульфатних та карбонатних розчинів в динамічному режимі.

Сорбатами служили сполуки урану (VI), що знаходились в модельних розчинах ацетату уранілу з концентрацією  $2 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> у присутності 0,02 моль/дм<sup>3</sup> одного з реагентів –  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  або  $NaHCO_3$ . Вихідні значення рН кислих розчинів дорівнювали 2,2–2,5, а карбонатних – 8,0-8,2. Розрахунки форм знаходження урану (VI) в досліджуваних розчинах показали, що в нітратних розчинах U(VI) знаходиться переважно у вигляді катіонів  $UO_2^{2+}$ , в сульфатних – у вигляді суміші рівних кількостей  $UO_2^{2+}$ ,  $[UO_2(SO_4)]$  і  $[UO_2(SO_4)_2]^{2-}$ , в карбонатних – у вигляді аніонних комплексів складу  $[UO_2(CO_3)_2]^{2-}$  (87%) та  $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$  (13%).

В якості сорбентів використовували волокнисті іоніти ФІБАН різної природи: монофункціональний сильнокислотний сульфокатіоніт ФІБАН К-1, багатфункціональний аніоніт ФІБАН А-6 з сильно- і слабкоосновними аміногрупами, а також багатфункціональний амфотерний іоніт ФІБАН АК-22В, який містив карбоксильні групи, первинні та вторинні аміногрупи.

Сорбцію урану проводили в динамічному режимі при кімнатній температурі у колонці діаметром 20 мм і висотою 200 мм. Маса повітряно-сухого сорбенту складала 1 г, висота фільтруючого шару дорівнювала 35 мм. Досліди проводили при двох значеннях швидкості пропускання урановмісного розчину через колонку –  $2,5 \text{ см}^3/\text{хв}$  та  $25 \text{ см}^3/\text{хв}$ . Концентрацію урану (VI) в розчинах після сорбції визначали фотометричним методом з використанням в якості реагенту Арсеназо III. За результатами дослідів будували вихідні криві (залежність концентрації урану в розчині від часу контакту фаз). Про ефективність процесу судили за величинами динамічної об'ємної ємності (ДОЄ) іонітів та питомої адсорбції (А).

Регенерацію іонітів проводили в аналогічних умовах шляхом пропускання через U-форму іонітів 0,5 М розчинів  $HCl$  або  $NaHCO_3$ .

Проведені дослідження показали, що усі досліджувані іоніти доцільно використовувати для вилучення сполук урану (VI) з розбавлених водних розчинів в динамічних умовах. Встановлено, що для найкращі показники продемонстрував катіоніт ФІБАН К-1 при вилученні урану (VI) з нітратних розчинів. В цьому випадку були одержані максимальні показники сорбції ( $A_{\max}=0,34$  ммоль/г). Кращим сорбційним матеріалом для вилучення урану (VI) з карбонатних розчинів є аніоніт ФІБАН А-6 ( $A_{\max}=0,22$  ммоль/г). Для вилучення урану (VI) з сульфатних розчинів можна використовувати усі вивчені іоніти, але вони

демонструють дещо гірші показники ( $A_{\max}=0,027-0,041$  ммоль/г). Однак враховуючи вартість досліджених сорбентів, для очистки сульфатних вод від урану (VI) доцільніше застосовувати амфоліт ФІБАН АК-22В. При збільшенні у 10 разів швидкості пропускання урановмісних розчинів через іоніти ступінь очистки води від урану (ДОЄ та  $A_{\max}$ ) зменшувалась несуттєво (у 1,2-1,5 разів), що набагато менше порівняно з гранульними іонітами. Максимальний вміст урану (VI) у фазі іоніту досягався протягом 2-15 хв (швидкість пропускання  $2,5 \text{ см}^3/\text{хв}$ ) та 45-550 хв (швидкість пропускання  $25 \text{ см}^3/\text{хв}$ ).

Вивчення десорбції урану з поверхні іонітів з метою концентрування урановмісних розчинів та регенерації сорбентів показало, що усі досліджені іоніти можуть бути на 98-100% переведені у початкову форму після пропускання через відпрацьовані іоніти 0,5 М розчинів  $\text{HCl}$  ( $50-250 \text{ см}^3$ ) або  $\text{NaHCO}_3$  ( $50-150 \text{ см}^3$ ). При цьому спостерігалось концентрування урановмісних розчинів в 1,3-2,5 разів (ФІБАН А-6, АК-22 В) та 115 разів (ФІБАН К-1).

Таким чином, одержані результати показують переваги волокнистих іонітів ФІБАН перед гранульними і можуть бути використані для конструювання установки і впровадження сорбційного процесу для очистки урановмісних розчинів.

1. Корнілович Б.Ю. Природоохоронні технології в урановидобувній та переробній промисловості. – К., 2011. – 156 с.

2. Kosandrovich E.G., Soldatov V.S. Fibrous Ion Exchangers // Ion Exchange Technology I: Theory and Materials / Eds. Inamuddin and M. Luqman. – Heidelberg, New York, London: Springer Science+Business Media, 2012. – P. 299–371.

3. Перлова О.В., Сазонова В.Ф., Перлова Н.А., Поликарпов А.П. Сорбция соединений урана (VI) волокнистым катионитом ФИБАН К-1 из кислых сред // Вода: химия и экология. – 2016. – № 3. – С. 53–59.

4. Sazonova V. F., Perlova O. V., Perlova N. A., Polikarpov A. P. Sorption of Uranium(VI) Compounds on Fibrous Anion Exchanger Surface from Aqueous Solutions // Colloid J. – 2017. – 79, № 2. – P. 270–277.