



УДК 644.6

ДЕФОСФОТАЦІЯ ВОДИ СОРБЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

О.М. Терещенко, А.А. Шматко

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056, Україна

e-mail: okter789@gmail.com

Протягом останніх років значна увага приділяється питанню зменшення надходження фосфатів у водні об'єкти. Їх надлишок у водному середовищі при відповідній температурі призводить до евтрофікації. Евтрофікація – це складний процес, який відбувається у прісних чи морських водоймах, викликає бурхливий розвиток певних видів мікроводоростей і порушує рівновагу водних екосистем, що призводить до зміни і спотворення біологічних показників води. При цьому фауна водних об'єктів змінюється: деякі організми гинуть, зменшується якісний і кількісний склад риби, в силу інтенсивного розмноження паразитуючих організмів посилюється захворюваність гідробіонтів [1].

Надходження фосфору у водні об'єкти навколишнього середовища обумовлено скиданням стоків промислових підприємств, комунально-побутових і сільськогосподарських угідь, а також природними факторами.

Практика показує, далеко не всі очисні споруди оснащені технологіями видалення фосфатів зі стічних вод, у зв'язку з цим розробка недорогих ефективних методів видалення фосфоровмісних сполук з стічних вод є важливим напрямком водоочистки.

На сьогодні існує велика кількість методів обробки води, всі вони мають свої переваги і недоліки. Із всього різноманіття запропонованих методів очистки вод від фосфат-іонів найбільш розповсюдженим є традиційний реагентні методи [3]. Вони ґрунтуються на видаленні осадів фосфатів алюмінію і заліза. Одним з недоліків цього методу є те, що оптимальну дозу коагулянту необхідно знаходити для кожного складу води окремо. Крім того, в процесі очистки відбувається вторинне забруднення води йонами заліза, алюмінію, хлоридів і сульфатів. Всі ці фактори ускладнюють подальшу доочистку води і збільшують собівартість процесу.

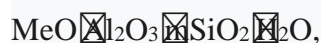
В технологіях водоочистки від фосфору найчастіше використовують біологічний метод [2]. Недоліком його методу є складність і тривалість процесу. Крім того, його застосування обмежується високими капітальними і експлуатаційними витратами.

Останнім часом у процесах очистки води застосовують мембранні методи [4]. Мембранні системи представляють собою комплекс, що складається з напівпроникних мембран, які відділяють фільтрат від розчину, що очищується; мембрана пропускає під тиском розчинник і затримує забруднюючі розчинені речовини. Серед мембранних методів використовують ультрафільтрацію і зворотний осмос. Недоліками цих методів є те, що вони потребують використання дорогих напівпроникних мембран, які потребують спеціальної підготовки розчинів перед використанням для запобігання погіршення селективності мембран. Крім того, в процесі фільтрування утворюються концентрати, які досить проблематично утилізувати.

Сорбційне вилучення йонів є одним з широко вживаних методів водоочистки. Сьогодні в світі використовується близько двохсот сорбентів, які розділяються на органічні і неорганічні. Саме неорганічні сорбенти складають основну частину товару на ринку сорбентів в силу їх низької вартості і можливості великотоннажного виробництва. Серед природних неорганічних сорбентів особливе місце займають цеоліти.



Хімічний склад цеолітів у загальному вигляді можна представити такою формулою:



де Me – Na, K, Ca, Mg [5].

Цеоліти відносяться до групи алюмосилікатів, кристалічна решітка яких утворює тривимірний каркас зі строго регулярною тетраедричною структурою [5]. Наявність порожнин і каналів в структурі цеолітів, а також велика свобода руху катіонів і молекул води визначають їх унікальні властивості. У водному розчині цеоліти обмінюють свої катіони (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) на інші, що знаходяться в розчині. В процесах адсорбції цеоліти проявляють молекулярно-ситові властивості – вибірковість поглинання одних йонів перед іншими. Природні цеоліти широко розповсюджені, мають унікальні фізичні, фізико-хімічні, адсорбційні і йонообмінні властивості, їх можна модифікувати, утилізувати і регенерувати, завдяки чому ці мінерали знайшли широке використання у багатьох галузях народного господарства і в практиці водоочистки [6].

Метою даної роботи було оцінити можливість використання природного цеоліту для очистки води від фосфат-іонів і порівняти його адсорбційні властивості з модифікованою формою.

Досліджували цеоліт Сокирницького родовища, головною перевагою якого є його доступність, що забезпечує можливість отримання сорбентів з місцевої мінеральної сировини.

Для попередньої оцінки ефективності вибраного матеріалу було проведено дослідження впливу дози сорбенту на ступінь очистки води від фосфатів. Для цього готували розчини калій гідрофосфату з концентрацією $100 \text{ мгPO}_4^{3-}/\text{дм}^3$. Очистку проводили в статичних умовах. Наважку дрібнодисперсного матеріалу з фракцією частинок цеоліту розміром 2,0-3,0 мм дозували у розчин і витримували при періодичному перемішуванні добу. Потім сорбент відділяли на паперовому фільтрі «біла стрічка». У фільтраті визначали залишковий вміст фосфатів фотометрично [7].

Представлені на рис. 1 (а) дані показують, що практично значиме вилучення фосфат-іонів немодифікованим сорбентом досягається при використанні дози сорбенту 400 мг/дм^3 . При таких умовах вказаний сорбент вилучає порядку 85 % забруднюючих йонів. Подальше збільшення дози сорбенту недоцільно, тому що практично не підвищує вилучення фосфат-іонів.

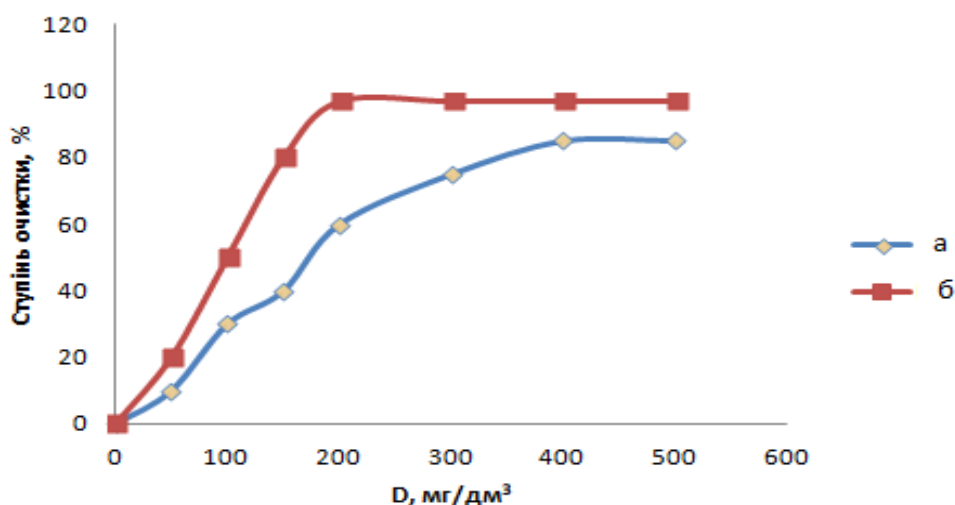


Рис.1. Ефективність очистки розчину від фосфат-іонів:
а) – немодифікованим цеолітом; б) – модифікованим цеолітом



Видалення фосфатів у даному випадку ґрунтується, ймовірно, на дифузії йонів HPO_4^{2-} до поверхні сорбенту. Форма кривої вказує на поступове вилучення забруднювача з розчину.

Для підвищення ефективності процесу сорбції мінерал було модифіковано розчином Ca^{2+} з концентрацією 150 мг/дм^3 . Як показує крива (б) на рис.1 поглинання фосфат-іону на модифікованому сорбенті відбувається значно швидше: максимального ступеня очищення вдається досягти вже при дозі сорбенту 200 мг/дм^3 . Ступінь вилучення по відношенню до немодифікованого сорбенту теж підвищується на 12 % і сягає 97 %, що пояснюється іммобілізацією на його поверхні йонів Кальцію.

Для того, щоб визначити межі, в яких доцільно використовувати даний метод, також дослідили, як реакція середовища впливає на ефективність очищення. В результаті була встановлена наступна закономірність: ефективність немодифікованого цеоліту вища в більш кислих середовищах – рН 5-6. В діапазоні 8-9 найбільш ефективно вилучав фосфати модифікований сорбент.

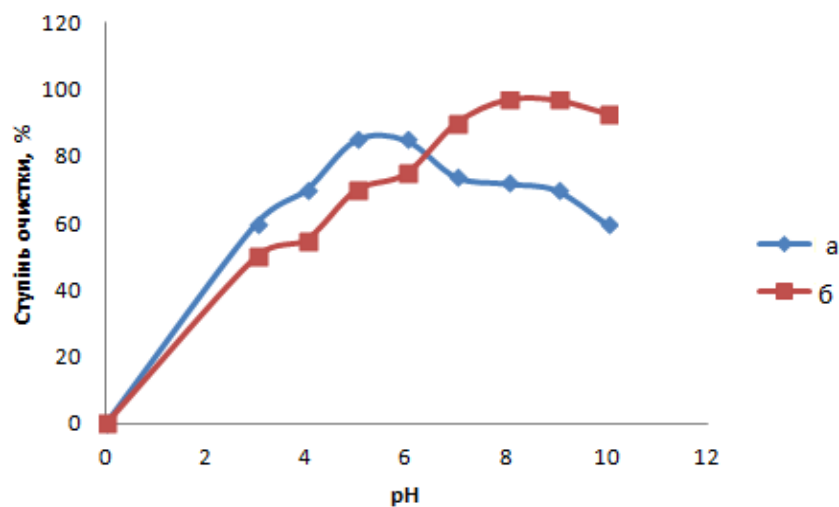


Рис. 2. Ефективність вилучення фосфат-іонів від рН розчину:
а) – немодифікованим цеолітом; б) – модифікованим цеолітом

Таким чином, було перевірено і порівняно сорбційну активність целіту Сокирницького родовища та його модифікованої форми щодо фосфатів. Встановлено, що цей сорбент є ефективним щодо вилучення фосфат-іонів, проте значно кращою спостерігається його сорбційна здатність на модифікованій йонами кальцію формі.

Література:

1. Евтрофікація // Словник – довідник з екології: навч.-метод. посіб./ уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. – С. 74.
2. Biological wastewater treatment / C. L. Grady Jr, G. T. Daigger, N. G. Love, C. D. Fillipe – CRC press., 2011. 962 p.
3. Очистка сточных вод / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Ясен, Э. Арван. – М.: Мир, 2009. – 480 с.
4. Baker R. W. Membrane technology and applications / R. W. Baker – WILEY, Third ed, 2012. 588 p.
5. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. – М.: Мир, 1976. – 781 с.
6. Челишев Н.Ф., Володин В.Ф., Крюков В.Л. Ионнообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
7. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных и сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 448 с.