

Рудик Ю.І., Концур А.З., Сиса Л.В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## НАДВИСОКОЧАСТОТНЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ОПРОМІНЕННЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ АКТИВАЦІЇ ПРИРОДНИХ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Постійне розширення територій населених пунктів та зростання кількості населення створює чимало екологічних проблем. Серед них питання очистки побутових та промислових стічних вод було і залишається актуальним, оскільки нарощення їх обсягів становить загрозу екологічній безпеці [1, 2].

Адсорбція розчинних поллютантів на природних сорбентах займає одне з чільних місць серед способів зменшення концентрацій забруднювачів у стічних водах. Для цієї мети все частіше застосовують цеоліти - алюмосилікати з регулярною, впорядкованою кристалічною структурою [3, 4]. Їх використання зумовлене достатньо високою сорбційною ємністю, вибірковістю та порівняно низькою вартістю.

Однак, виробничий процес із застосування цих сорбентів вимагає їх попередньої термічної обробки або хімічної активації, тобто, додаткових затрат енергії та реактивів [2 -4].

У той же час, в науковій літературі описано окремі розробки щодо можливості регенерації сорбентів із застосуванням надвисокочастотного електромагнітного випромінювання (НВЧ ЕМВ або «мікрохвиль») [5 та ін.]. Цей процес потребує значно менших затрат енергії та мінімуму розхідних матеріалів.

У попередніх публікаціях [6 та ін.] ми вже повідомляли про використання мікрохвиль для попередньої підготовки природного глинистого сорбенту бентоніту. Було показано, що комбінована підготовка цього матеріалу з використанням мікрохвиль покращує його сорбційні властивості. У теперішньому дослідженні автори поставили собі за мету вивчити вплив НВЧ ЕМВ на сорбційні характеристики природного сорбенту цеолітного типу - клиноптилоліту.

Формула цього мінералу з родовища с. Сокирниця Закарпатської обл. в оксидному варіанті(масова частка) має такий вигляд:  $\text{SiO}_2$  (67,29);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (12,32);  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,26);  $\text{FeO}$  (0,25);  $\text{CaO}$  (3,01);  $\text{MgO}$  (0,99);  $\text{K}_2\text{O}$  (2,76);  $\text{Na}_2\text{O}$  (0,66);  $\text{TiO}_2$  (0,26);  $\text{H}_2\text{O}$  (10,90) [7].

Ефективність сорбційної очистки води за допомогою клиноптилоліту залежить від багатьох факторів – чистоти вихідного мінералу, його попередньої обробки (активації), кислотності середовища тощо [4, 7]. Основними механізмами сорбції таких алюмосилікатів вважаються взаємодія поверхневих «сіольних» груп сорбенту ( $\equiv\text{Si-OH}$ ) з катіонами чи аніонами сорбату, або заміни цими катіонами власних іонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  та  $\text{Fe}^{2+/3+}$  у кристалічній ґратці мінералу.

Враховуючи ці положення та хімічний склад вихідного мінералу, можна припустити наявність у рівноважному сорбаті значної кількості його власних легкорозчинних іонів. Тому авторами було прийнято рішення попередньо очистити (активувати, «стимулювати») зразки сорбенту комбінованим способом: промивкою його водою одночасно з дією НВЧ ЕМВ. Дія мікрохвиль, як відомо, призводить до нагрівання води, тому така промивка може вважатись також і гідротермальною.

Експериментальна частина даної роботи виконувалась в НДЛ екологічної безпеки ЛДУ БЖД, атестованій на право проведення відповідних досліджень (свід. про атестацію № РЛ 097/14 від 28.07.2015 р.).

Для комбінованої підготовки клиноптилоліту його наважки масою 1,0 г у скляних колбах місткістю 300 мл було залито 50 мл дистильованої води та піддано дії НВЧ ЕМВ середньої потужності протягом різних інтервалів часу – від 30 до 300 секунд (табл. 1). Більш тривале опромінення призводило до закипання суміші, а менш тривале, очевидно, буде недостатнім для отримання помітного ефекту.

Результати хімічних аналізів водних витяжок з клиноптилоліту, отриманих комбінованою мікрохвильовою та гідротермальною обробкою, наведені у табл. 1.

Таблиця 1.

Результати хімічних аналізів витяжок з комбіновано підготовлених зразків клиноптилоліту

№ з/п	Час дії НВЧ ЕМВ, с	рН	Вміст катіонів у витяжці, мг/л	
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
1	30	5,28	1,12	0,42
2	60	5,38	1,03	0,35
3	90	5,47	0,92	0,31
4	120	5,56	0,80	0,26
5	180	5,68	0,71	0,20
6	240	5,80	0,65	0,17
7	300	5,94	0,61	0,15

Відомо [5], що при взаємодії електромагнітного випромінювання з дипольними частинами діелектричного сорбенту (алюмосилікатним каркасом та «сіюльними» групами) диполі води та наявних у ній домішок постійно змінюють орієнтацію в просторі за напрямом ліній електричного поля. При цьому кристалічна решітка мінералу відчуває напруження уздовж магнітних силових ліній, внаслідок чого зменшуються міжмолекулярні сили у системі «сорбент-сорбат» і стає можливим вивільнення з кристалу обмінних катіонів або розриву «сіюльних» груп (зміна кислотності середовища).

Як видно з табл. 1, у водних витяжках з комбіновано підготовлених («стимульованих») зразків клиноптилоліту плавно зростає значення рН (збільшується вміст у воді вільних груп OH<sup>-</sup>). У той же час, концентрація іонів кальцію та магнію спадає пропорційно до тривалості опромінення. Тобто,

можна стверджувати, що внаслідок взаємодії сорбенту з НВЧ-випромінюванням «сіольні» групи клиноптилоліту віддають гідроксил-іони, які зв'язують залишкові іони лужноземельних металів, присутні у воді навіть після дистиляції. Іншими словами, основну роль у збільшенні сорбційної ємності цього алюмосилікату внаслідок спільної дії НВЧ та диполів води відіграє вивільнення місць, які займали «сіольні» гідроксильні групи на поверхні кристалів.

Отримані нами результати повністю узгоджуються з положеннями добре відомого науковцям і практикам методу активації сорбентів шляхом обробки їх кислотою - в обох випадках відбувається зв'язування поверхневих гідроксильних груп сорбента з вивільненням місць для сорбованих іонів.

Підібравши оптимальні параметри опромінення природних сорбентів (час, потужність, довжина хвилі тощо) можна значно підвищити їх ефективність у процесах очистки стічних вод.

### **Висновки**

1. Попереднє опромінення природного сорбенту клиноптилоліту НВЧ ЕМВ у поєднанні з гідротермальною промивкою його чистою водою може бути перспективним методом підвищення ефективності сорбційної очистки стічних вод.

2. Основну роль у покращенні сорбційних якостей клиноптилоліту таким методом відіграє процес вивільнення місця на поверхні кристалів цього мінералу за рахунок дисоціації гідроксильних груп сорбенту внаслідок спільної дії на них НВЧ ЕМВ та диполів води.

### **Цитована література**

1. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. - К.: Наук. думка, 2007. – 362 с.

2. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти. - К.: ВПЦ "Київський університет", 1999. - 319 с.

3. Дистанов У.Г., Михайлов А.С., Конюхова Т.П. и др. Природные сорбенты СССР. – М.: Недра, 1990. – 208 с.

4. Тарасевич Ю.И., Поляков В.Е., Пенчов В.Ж. и др. Ионнообменные свойства и особенности строения клиноптилолитов различных месторождений // Химия и технология воды. - 1991. - Т. 13. - № 2. - С. 132–140.

5. Патент № RU 2438774. Спосіб регенерації сорбентів нетепловим впливом електромагнітного випромінювання надвисокочастотного діапазону.

6. Концур А.З., Сиса Л.В. Сорбція біогенних аніонів на бентоніті, стимульованому надвисокочастотним електромагнітним випромінюванням // Вісник ЛДУ БЖД. – Львів, 2016. - № 13. – С. 87-92.

7. Василечко В., Грищук Г., Сухнацький М. Сорбція Zn(II) на Закарпатському клиноптилоліті. // Вісник Львівського університету. - Серія хімічна. - 2011. - Випуск 52. - С. 148–158.