

Дослідження отриманих зразків адсорбентів на основі Іршавського бентоніту в процесі очищення олії виконувались перколяційним методом, тобто пропусканням пресої олії через високий шар адсорбенту самопливом. Наважка адсорбенту в середньому дорівнювала 25-28 г, температура очищення – стандартна для цього процесу (70°C). Результати досліджень представлено на рис. 2.

Як свідчать дані рис. 2, неактивованій бентоніт практично не очищає олію, перекисне число якої становить 20 мМоль активного кисню в 1 кг (згідно з Європейським стандартом, перекисне число не повинно перевищувати 0,5 мМоль  $O_2$ /кг). Активовані зразки Іршавського бентоніту в міру зростання ступеню руйнування забезпечують зменшення перекисного числа до величини 0,23 мМоль  $O_2$ /кг. Це повністю задовольняє вимогам до якості очищення олії і дозволяє рекомендувати саме цей зразок для подальшої розробки технологічного процесу кислотної активації з отриманням високоякісного природного адсорбенту для потреб оліє-жирової промисловості.

### Література

1. Природные сорбенты СССР/ У.Г. Дистанов, А.С. Михайлов, Т.П. Конюхова и др// М.: Недра, 1990. – 208 с.
2. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых минералах. – К.: Наук. думка, 1975. – 351с.
3. Манк В.В., Марцін І.І., Фіалковська Л.В. Про можливість використання природних дисперсних мінералів для підбілювання соняшникової олії// Хімічна промисловість України, 1997, № 4. – С. 30-33.
4. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высш. школа, 1988. – 239 с.

УДК 66.002.3:541.12

Проф. Я.М. Гумницький, д.т.н.; доц. Ю.О. Малик,  
к.т.н. – НУ "Львівська політехніка"

### МАСООБМІН ПРИ ХІМІЧНІЙ ПЕРЕРОБЦІ ФОСФОГІПСУ В ТРИФАЗНІЙ СИСТЕМІ

Досліджено вплив витрати повітря, яке вводилося як перемішувач агента в систему тверде тіло – рідина, на величину кінетичного коефіцієнта К. Встановлено оптимальні межі наведеної швидкості подачі повітря в барботажну колонку.

Prof. Ya. Gumnitsky, doc. Yu. Malyk – NU "Lviv'ska Politehnika"

#### Mass-exchange in chemical fosfohips in three fases systeme

Investigated the impact of the expenditure or air, which is input as a mixing agent in the system solid solution on the value or kinetically coefficient K. It is obtained the optimal measure of assumed speed of input air in bubble column.

Подача у систему тверде тіло – рідина інертного газу інтенсифікує тепло- і масообмінні процеси [1]. Нами досліджувався вплив витрати повітря, яке вводилось у систему тверде тіло – рідина при хімічному розчиненні твердого тіла. На основі отриманих результатів давалась якісна та кількісна оцінка процесу.

Досліди виконувались у колонці барботажного типу, в якій сферична частинка гіпсу знаходилася в завислому стані в реагенті – розчині карбонату амонію. Кількісну оцінку процесу проводили на основі вагового методу за втратою маси зразка гіпсу протягом певного часу взаємодії [2].

Вплив витрати повітря  $Q_{\text{пов}}$  на значення кінетичного коефіцієнта К, який являє собою кількість гіпсу, який розчиняється за одиницю часу з одиниці поверхні зразка при концентрації реагента, що дорівнює одиниці, проводили при наступних умовах: температурі 315К, об'ємі розчину реагента  $0.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , початковій концентрації карбонату амонію в розчині 198 кг/м<sup>3</sup>, тривалості взаємодії 300 с. Витрата повітря змінювалася в межах  $0.347 \cdot 10^{-4} \dots 1.83 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ .

На рис. 1 зображено графік залежності відносної втрати маси зразка гіпсу  $\Delta M/M_0$  від наведеної швидкості подачі повітря в барботажну колонку  $W_0'' = Q_{\text{пов}}/F_k$ , де  $F_k$  – площа поперечного перетину колонки.

В наведеній графічній залежності можна виділити три ділянки: область низьких швидкостей газу, в якій збільшення витрати газу викликає зростання відношення  $\Delta M/M_0$ ; область середніх швидкостей газу, де значення відносної втрати маси  $\Delta M/M_0$  майже не змінюється і відповідає екстремальним значенням; в області більш високих величин  $W_0''$  збільшення витрати повітря викликає деяке зниження величини  $\Delta M/M_0$ .

Така складна залежність пояснюється подвійною роллю, яку відіграє газ, який вводиться в систему. Вирішальний вплив на кінетику масообміну виявляє як додаткова турбулізація рідини газом, так і екранування поверхні твердої частинки, яка знаходиться в газорідному потоці, газовими бульбашками.

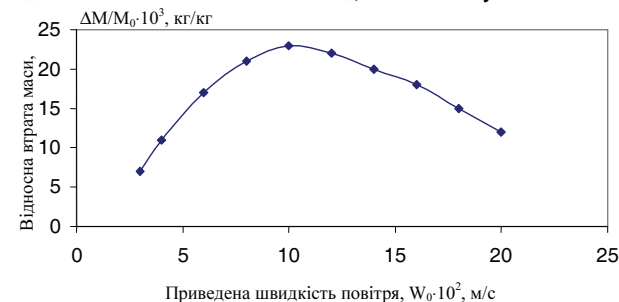


Рис. 1. Зміна відносної втрати маси зразка гіпсу залежно від наведеної швидкості подачі повітря в реактор

При невеликих витратах газова фаза розподіляється в рідині рівномірно по всьому перетину колонки у вигляді окремих бульбашок [3]. Введення газової фази призводить до того, що тверда частинка почергово попадає то в рідину, то в газоподібну фазу, що викликає виникнення пульсаційної швидкості обтікання. При цьому масовіддача від ядра потоку реагенту до пористої плівки на поверхні зразка зростає. Таким чином, можна вважати, що в області невисоких витрат повітря ефект перемішування і турбулізації значно переважає ефект екранування зразка гіпсу газовою фазою і сприяє додатковому надходженню реагенту до поверхні зразка.

Подальше зростання витрати газу призводить до коалесценції газових бульбашок, які утворюються в газорозподільній решітці. Великі газові бульбашки рухаються одна за одною ланцюгом і наступають моменти, коли тверда частинка повністю екранована газом (знаходиться в середині газової бульбашки). В цьому випадку взаємодії фаз немає. Надалі з твердою частинкою контактує рідина. На-

кладання цих факторів сприяє збільшенню значень відношення  $\Delta M/M_0$ , тобто кінетичного коефіцієнта К.

Подальше зростання витрат повітря збільшує газовміст системи. Газові бульбашки збільшуються в об'ємі настільки, що займають майже всю площу поперечного перетину колонки. Тверда частинка буде знаходитись у газовій фазі більше часу і протягом цього часу вона буде ізольована від реагенту, що свою чергу зменшує швидкість розчинення гіпсу і знижує величину кінетичного коефіцієнта К (відношення  $\Delta M/M_0$ ).

Отже, оптимальна приведена швидкість подачі повітря знаходиться в межах 0.06...0.14 м/с.

Таким чином, використання стиснутого повітря з метою перемішування рідкого реагенту в барботажній колонці призводить до інтенсифікації процесу розчинення незакріплених частинок гіпсу.

### Література

1. Кутателадзе С.С., Стыркевич М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. – М.: Энергия, 1976. – 296с.
2. Гумницкий Я.М., Малык Ю.А., Ратыч Л.Ф., Хомин М.В. Кинетика разложения фосфогипса карбонатом аммония в барботажном слое// Вестник Львов. Политехн. ин-та. Химия, технология веществ и их применение. – 1983. – №171. – С. 92-94.
3. Гумницкий Я.М., Кривошеев В.И., Малык Ю.А. Процессы химического растворения, сопровождающиеся образованием побочных фаз// Konferencje: Chemical Engineering Problems of Momentum, Heat and Mass Transfer. – Wroclaw, 1988. – s. 198-201.

УДК 541.183

З.С. Одноріг; проф. М.С. Мальований, д.т.н.;  
доц. О.О. Мацієвська, к.т.н. – НУ "Львівська політехніка"

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОРБЦІЇ МІДІ НА КЛИНОПТИЛОЛІТІ

Досліджувався процес сорбційного очищення стічних вод від іонів міді на природному і кислотномодифікованому клиноптилоліті в статичних та динамічних умовах. Показано, що сорбція реалізується тільки за механізмом йонного обміну.

Z. Odnorig, prof. M. Malovany, doc. O. Matsievska – NU "Lviv'ska Politekhnikha"

### Investigation of sorption process copper on the clinoptilolite

The process of sorption purification of waste waters from copper on natural and modified zeolite – clinoptilolite in static and dynamic conditions has been investigated. It was shown that sorption realised on the mechanism of ionic exchange.

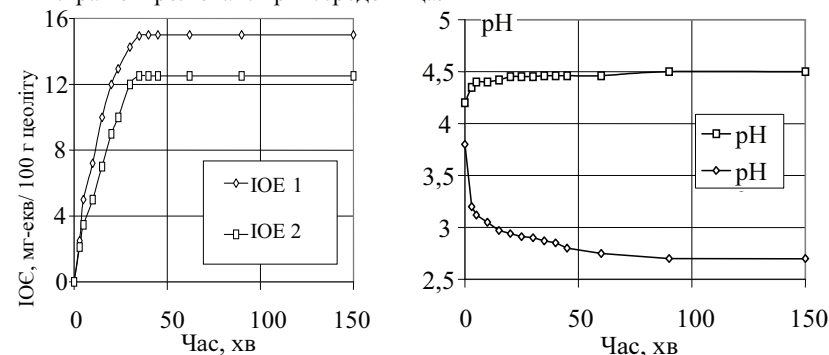
В процесах очищення та доочищення природних та стічних промислових вод активно використовується такий клас мінералів як природні цеоліти. Завдяки добре розвинутій поверхні, хорошим адсорбційним та йонообмінним властивостям можна ефективно вилучати з води забруднення органічного та неорганічного походження, радіонукліди, йони важких металів [1].

Нами досліджувався процес сорбції міді клиноптилолітом Сокириницького родовища (Закарпаття). Для експериментів готували модельний розчин сульфату міді концентрацією  $C_{Cu^{2+}} = 10 \text{ г/дм}^3$  (в промислових водах після обробки деталей в гальванічних цехах машинообробних підприємств концентрація іонів міді може сягати  $15 \text{ г/дм}^3$ ). Необхідно було встановити, чи поглинає сорбент молекули су-

льфату міді, чи відбувається тільки йонний обмін. Тому було проведено кілька експериментів.

Із літературних джерел відомо [1, 2], що природні цеоліти поглинають катіони із водних розчинів за двома механізмами: катіонообмінним та сорбційним. Зростання концентрації йонів водню (або лужних і лужноземельних металів  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) в розчині із часом відбувається завдяки суто йонообмінним перетворенням. Таким чином, в умовах експерименту відкривається можливість оцінити внесок окремо катіонообмінного і сорбційного механізмів у сумарному процесі поглинання катіонів міді і молекул  $CuSO_4$  мінералом.

Для встановлення механізму йонного обміну використовували природну та  $H^+$  – форму клиноптилоліту (рис. 1). Дослід проводили в реакторі з мішалкою за умови постійних температури ( $20^\circ C$ ), числа обертів мішалки та співвідношення  $T: P = 1: 10$  (100 г цеоліту:  $1 \text{ дм}^3$  імітату стічної води). Одночасно за допомогою рН – метра контролювався рН середовища.



В обох випадках рН середовища протягом перших 5 хв. різко змінювалось (для  $H^+$  – форми клиноптилоліту – в кислу область, для природної – в лужну), а потім плавно стабілізувалось протягом 90 хв. (рис. 2).

Для підтвердження механізму адсорбції молекул  $CuSO_4$  використовувалась методика [2] на вміст сульфат – йонів. На аналіз відбирали проби із модельного розчину (стандарт – проба) і фільтратів після обробки зразками клиноптилоліту. На основі цього експерименту нами показано, що процес адсорбції в даному випадку не відбувається – кількість аніонів  $SO_4^{2-}$  в усіх трьох випадках залишається незмінною (див. табл.):

| Стандарт – проба, мг – екв./л, $SO_4^{2-}$ | Природна форма, мг – екв./л, $SO_4^{2-}$ | $H^+$ – форма, мг – екв./л, $SO_4^{2-}$ |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 0,34                                       | 0,34                                     | 0,34                                    |

Також нами проводились дослідження сорбції йонів міді в динамічних умовах. Сорбційна здатність клиноптилоліту щодо йонів міді зростає при зменшенні фракційного складу сорбенту. Отже, в динамічному режимі найкраще застосовувати цеоліти із найменшим розміром зерен. Тим не менше, характеристики дисперсії цеолітів можуть бути такими, що вони не зможуть забезпечити стійкість щодо течії розчину. Тому вибрано фракцію цеоліту з діаметром зерен 1-2 мм.