

УДК 644.6

Гумницький Я. М., Гивлюд А. М., Сабадаш В. В. (Львів, Україна)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОДИФУЗІЙНОЇ КІНЕТИКИ СОРБЦІЇ
ОКСПРОПІОНОВОЇ КИСЛОТИ ЦЕОЛІТОМ**

Необхідність пошуку та розробки нових технологій очищення стічних вод молокозаводів обґрунтована низькою ефективністю роботи існуючих очисних споруд. Стічні води молочної промисловості належать до висококонцентрованих за вмістом мікробіологічних забруднень, крім того, рН стічних вод молокозаводів може становити близько 3 через вміст органічних кислот (передовсім молочної), що утворюються в процесі скисання молока та виробництва кисломолочних продуктів. Запропонована нами технологія адсорбційного очищення стічних вод молокопереробних підприємств дає змогу вирішити проблеми зниження агресивності середовища, має низьку енергоємність, та може реалізовуватися в широкому діапазоні зміни складу стічних вод. Відпрацьований цеоліт має ряд мікроелементів, необхідних для росту рослинних і тваринних організмів. Застосування його у аграрній галузі забезпечить можливості екологічно чистого, у тому числі поливного землеробства дасть змогу підвищити родючість ґрунтів, поліпшити їх структуру.

Метою роботи є дослідження внутрішньодифузійної кінетики іонообмінної адсорбції оксіпропіонової кислоти природним цеолітом, визначити ефективний коефіцієнт внутрішньої дифузії. Дослідження процесу сорбції оксіпропіонової кислоти природним цеолітом проводились в апараті з мішалкою пропелерного типу, частота обертів якої змінювалася в інтервалі 300-800 об/хв. Кінетика процесу досліджувалась в умовах перемішування досліджуваного розчину з цеолітом за різних чисел обертів. Залежність кінетики поглинання від числа обертів n показує, що за числа обертів $n > 400$ кінетика не залежить від числа обертів, тобто основну роль відіграє внутрішньодифузійний процес, при якому число Біо прямує до ∞ . Причому найбільша його інтенсивність спостерігається у діапазоні початкової концентрації. Вважаючи форму частинок сферичною, для математичного опису сорбції компоненту в умовах перемішування для внутрішньодифузійного процесу використовуємо рівняння, одержане розв'язком диференціального рівняння молекулярної дифузії для частинок кулястої форми у апараті з механічним перемішуванням для $Bi = \infty$. Рішення дає можливість визначити зміну концентрації компоненту C у рідкій фазі з часом. Коефіцієнт внутрішньої дифузії оксіпропіонової кислоти у цеоліті $D_{\text{еф}} = 2,62 \cdot 10^{-12}$ м²/с. Значення коефіцієнту масовіддачі свідчать про імовірність проходження внутрішньодифузійного процесу адсорбції. Проведено розрахунок влістивостей молочної кислоти за допомогою квантово-хімічних розрахунків в програмному середовищі «ChemOffice/Chem3D». Відповідно до отриманих величин зарядів – ефективні заряди на атомах кисню досліджуваних сполук мають значення від -0,217 до -0,406. Значення величини заряду на атомі O_8 карбоксильної групи становить -0,39, а на атомі кисню гідроксильної групи O_4 -0,35. Заряди атомів вуглецю: групи C_1 - 0,035, а найбільше значення C_3 0,31 дипольні моменти мають величину від -0,356 до 1,355 дебай, магнітуда 1,402 дебай. Найбільший лінійний розмір молекули молочної кислоти становить 1,46 нм. найменший - 0,89 нм. Таким чином можна зробити висновок, що внаслідок полярності молекули, оксіпропіонова кислота може сорбуватися як цеолітом, так і вуглецевими сорбентами. Щодо розмірів молекули, то дана сполука може сорбуватися в поровій структурі сорбенту з поперечним перерізом пор не менше 1,46 нм та на зовнішній поверхні цеоліту. Нами було досліджено вивільнення обмінних катіонів цеоліту у досліджуваний розчин. Експериментальні дослідження кінетики вивільнення натрію збігаються з результатами дослідження кінетики адсорбції оксіпропіонової кислоти цеолітом, оскільки кількість вивільненого натрію пропорційна кількості поглиненого протона при відповідних числах обертів. В ході експерименту катіонів кальцію та магнію не було виявлено, що свідчить про утворення нерозчинних лактатів кальцію та магнію на поверхні та в порах сорбенту. Дані сполуки можуть збільшувати дифузійний опір сорбенту і зменшувати його сорбційну здатність. Отримані результати експериментальних досліджень дають змогу визначити корені характеристичного рівняння та ефективні коефіцієнти внутрішньої дифузії процесу іонообмінної сорбції оксіпропіонової кислоти цеолітом.