

В. В. Сабадаш, А. М. Гивлюд, Я. М. Гумницький
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра екології та збалансованого природокористування

ДИНАМІКА АДСОРБЦІЇ α -ОКСИПРОПІОНОВОЇ КИСЛОТИ В АПАРАТІ КОЛОННОГО ТИПУ

Ó Сабадаш В. В., Гивлюд А. М., Гумницький Я. М., 2016

Наведено результати експериментальних досліджень динаміки сорбції та іонообмінного поглинання α -оксіпропонової кислоти цеолітом в апараті колонного типу. Проаналізовано теоретичний апарат для опису процесів адсорбції. Досліджено механізм процесу адсорбції і розроблено методи для ідентифікації експериментальних даних теоретичним моделям. Експериментально досліджено сорбційну ємність цеоліту щодо молочної кислоти в динамічних умовах. Побудовано вихідні криві динаміки адсорбції α -оксіпропонової кислоти цеолітом в апараті колонного типу. Встановлено взаємозв'язок ступеня насичення сорбенту від критерію Фур'є. Отримані результати експериментальних досліджень дають змогу визначити коефіцієнти динаміки процесу адсорбції стічних вод молокопереробних підприємств в апаратах колонного типу.

Ключові слова: α -оксіпропонова кислота, динаміка адсорбції, коефіцієнт масовіддачі.

V. V. Sabadash, A. M. Gyvlyud, Y. M. Gumnitsky

DYNAMIC OF ADSORPTION OF HYDROXYPROPIONIC ACID IN THE COLUMN-TYPE APPARATUS

Ó Sabadash V. V., Gyvlyud A. M., Gumnitsky Y. M., 2016

The results of experimental studies of the dynamic of ion exchange adsorption of lactic acid by zeolite in the periodic conditions are presented. The existing theoretical apparatus for adsorption processes description was analyzed. Adsorption process mechanism was investigated and methods for identification of experimental data to theoretical models were developed. Sorption capacity of zeolite to lactic acid in dynamic conditions was experimentally investigated. Adsorption capacity of adsorbents was set. The breakthrough curves of adsorption dynamics of α - oksipropionic acid by zeolite in the column-type apparatus were built. The interrelation the saturation degree of sorbent to Fourier number was discovered. The results of experimental studies make it possible to determine the adsorption process of wastewater milk processing plants in the column-type apparatus. The results of experimental studies make it possible to determine the coefficients of the dynamic of adsorption process.

Key words: hydroxypropionic acid, adsorption dynamic, the mass-transfer coefficient.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Для забезпечення належного стану довкілля необхідно розробити нові технології очищення стічних вод. Низький ступінь вилучення забруднень зі стічних вод молокозаводів є наслідком низької ефективності роботи існуючих очисних споруд. Сьогодні переважно застосовують біологічний метод очищення, що характеризується наявністю рециркуляційних потоків, пов'язаний із порівняно високими витратами електроенергії на обробку стічних вод та утворенням значної кількості надлишкової біомаси [1, 2]. Необхідність стабілізації утворених осадів вимагає додаткових витрат. Потреба у розробленні нових технологій очищення стічних вод обґрунтована також зміною характеру та фазово-дисперсного стану забруднень стічних вод молокозаводів. У промисловості для очищення стоків широко застосовують адсорбційні технології [1, 3]. Процеси

абсорбції розглядають поглинання компоненту в статичних та динамічних умовах. Вивченням динаміки встановлено розподіл сорбованого компонента у рідинному середовищі та адсорбенті у просторі та часі. На основі динаміки сорбції визначено час досягнення явища “проскоку”. Це необхідно для забезпечення ефективної роботи обладнання та необхідного ступеня очищення стічних вод [4, 5].

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.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У літературних джерелах порівняно адсорбційні властивості природного цеоліту та активованого вугілля. В результаті досліджень було встановлено, що активоване вугілля краще адсорбує молочну кислоту, ніж цеоліт. Доведено, що молекули молочної кислоти завдяки вуглецевому радикалу проявляють спорідненість до неполярних сорбентів, тобто до активованого вугілля. Мінеральні сорбенти адсорбують молочну кислоту за допомогою гідрофільних груп – OH та –COOH, які взаємодіють за участю цеолітового каркаса. Це підтверджується збільшенням рН досліджуваних розчинів [1]. Встановлено залежність коефіцієнта масовіддачі β від інтенсивності перемішування. Показано, що максимальний ступінь інтенсифікації відповідає внутрішньодифузійному режиму [3].

Мета роботи. Дослідити динаміку адсорбції *а*-оксіпропіонової кислоти природним цеолітом, визначити ефективний коефіцієнт внутрішньої дифузії.

Методика визначення. Роботу проведено на установці (рис. 1), яка працює за такою схемою. Модельний розчин надходить з ділильної лійки 1 до адсорбційної колонки з цеолітовою засипкою 2. Сорбент насипається на решітку 3, яка вкрита фільтрувальним папером низької щільності (чорна стрічка). Швидкість фільтрування регулюється краном 4 на ділильній лійці 1. Кран колонного апарата повинен бути відкритий повністю. Фільтрат через встановлені інтервали часу збирали у ємності 5 і аналізували потенціометричним методом на іономірі ІМ – 160М.

Експериментальні дослідження. Досліджували процес сорбції *а*-оксіпропіонової кислоти природним цеолітом у динамічних умовах в апараті колонного типу. Розчин подавали згори колонки крізь шар адсорбенту різної висоти та збирали у приймачі очищеної води. Проводили заміри об'єму рідини у часі та з певної порції рідини відбирали проби для визначення концентрації *а*-оксіпропіонової кислоти. Вихідні криві для різних висот шару цеоліту показано на рис. 2.

З наведених даних видно, що в умовах цього гідродинамічного режиму процесу адсорбції *а*-оксіпропіонової кислоти на цеоліті існує змішанодифузійний механізм адсорбції. При недостатній висоті шару сорбента навіть за умови витрати розчину 5 мл/хв спостерігається проскок незначних кількостей забрудника вже з перших хвилин експерименту. Тому мінімальна висота шару сорбента повинна становити не менше 7см.

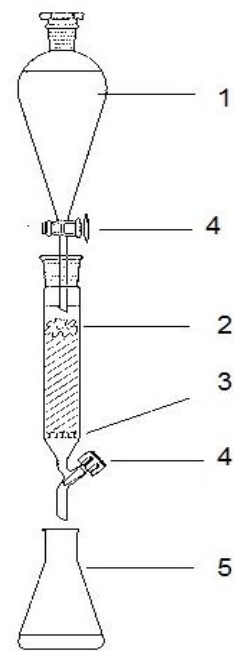


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – ділильна воронка з елюентом; 2 – цеоліт; 3 – решітка; 4 – кран; 5 – приймач для збирання фракцій елюату

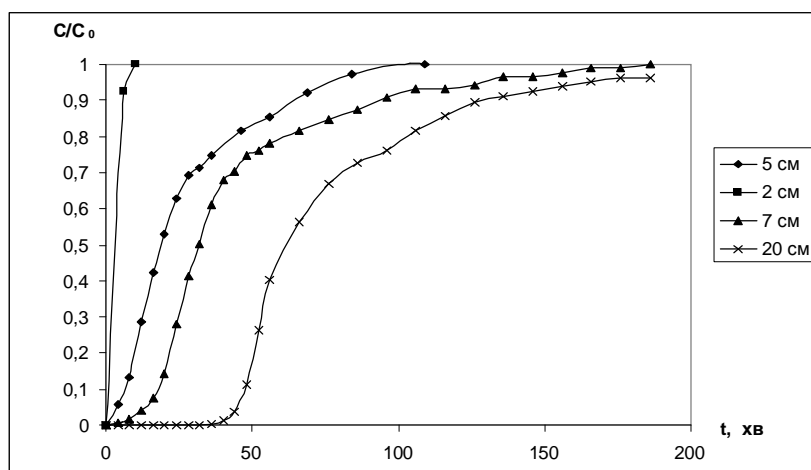


Рис. 2. Вихідна крива сорбції *a*-оксіпропіонової кислоти залежно від висоти шару сорбенту

Математичний аналіз динаміки адсорбції базується на системі диференціальних рівнянь, розв'язок яких можливий лише за значних спрощень.

Для математичного вираження залежності між концентрацією *a*-оксіпропіонової кислоти та часом сорбції за певної швидкості пропускання розчину через колонку використано модель Томаса (1), яка є найбільш простою і зручною. Рівняння вихідної кривої для шару описується виразом:

$$\frac{C}{C_0} = 1 - ae^{-\lambda Fo}, \quad (1)$$

де λ – константа моделі, $1/c$; a – коефіцієнт пропорційності; $Fo = \frac{D^*t}{R^2}$ – критерій Фур'є; D^* – коефіцієнт внутрішньої дифузії; R – радіус зерна адсорбенту; t – час.

Значення величин $\frac{C}{C_0}$ для інших довжин шару Z одержують на основі перетворень Лапласа, згідно з якими деяка функція N , що відповідає концентрації, змінюється за залежністю

$$N_n'' = \frac{1}{p} (pN')^n, \quad (2)$$

де $N' = \frac{\lambda}{p(\lambda + p)}$; $N'' = \frac{\lambda^n}{p(\lambda + p)^n}$; p – параметр Лапласа.

Перехід до оригіналу функції виконують на основі таблиць переходу від зображення до оригіналу. Оригінал наближеного рішення має вигляд

$$\left(\frac{C}{C_0}\right)_n = 1 - \left[\lambda F_0 + \frac{(\lambda F_0)^2}{2!} + \dots + \frac{(\lambda F_0)^{n-1}}{(n-1)!} \right] e^{-\lambda F_0}, \quad (3)$$

де n – цілі довжини шару $n=2,3 \dots$; $Z_2 = nZ_1$.

Модель пов'язує концентрацію на виході з колонки зі швидкістю пропускання розчину. І хоча до лінійної залежності об'ємна швидкість безпосередньо не входить, вона входить неявно у час сорбції, який дорівнює об'єму профільтованого розчину, поділеному на об'ємну швидкість. Модель застосовують для діапазону початкових концентрацій $(0,08-0,93) \cdot C_0$ і для коректного опису процесу мономолекулярної адсорбції. Для неї справедлива ізотерма Ленгмюра, кінетика її відповідає рівнянню другого порядку. Модель також передбачає, що процес сорбції контролюється масообмінними процесами між твердою та рідкою фазами. Кількість *a*-оксіпропіонової кислоти, яка затримана у колонці, відповідає площі під кривою проскоку у координатах $C - t$ і була розрахована чисельним інтегруванням. За початкової концентрації *a*-оксіпропіонової кислоти $0,015 \text{ кг/м}^3$ побудовано початкову криву адсорбції *a*-оксіпропіонової кислоти в динамічних умовах, що адсорбуються на фільтрувальному матеріалі з адсорбентом при $Z=2 \text{ см}$ (рис. 2).

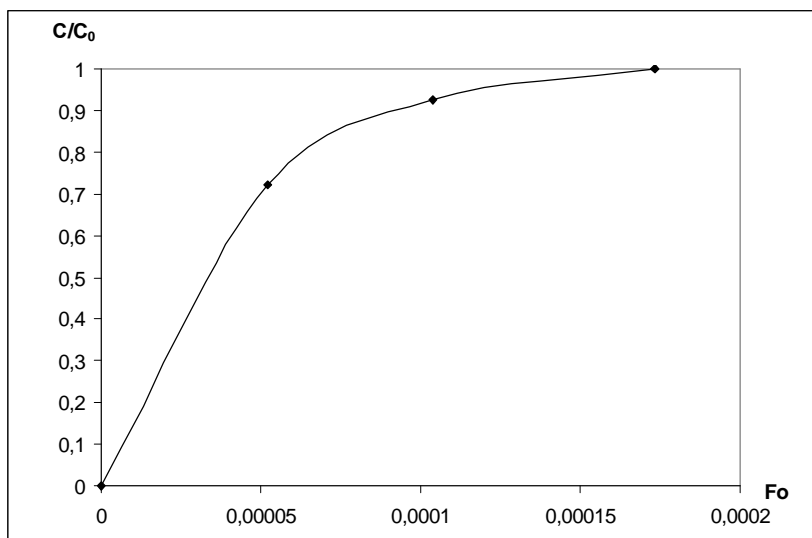


Рис. 3. Вихідна крива сорбції α -оксіпропіонової кислоти при $Z=2$ см

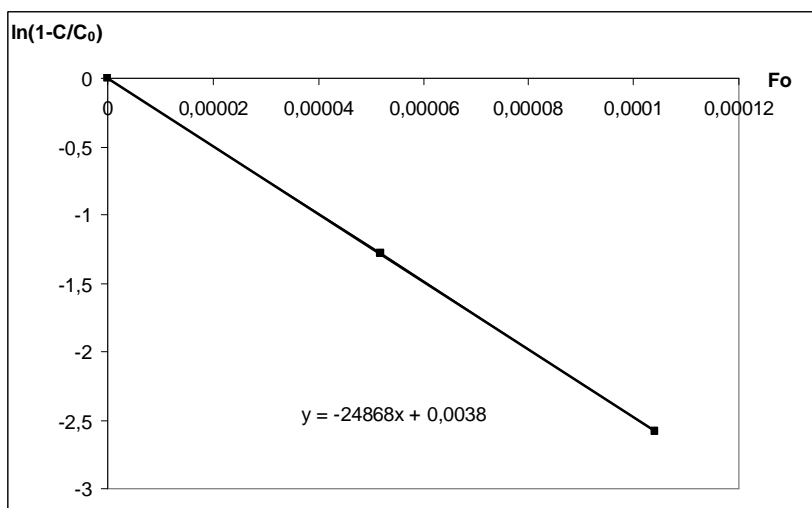


Рис. 4. Вихідна крива сорбції α -оксіпропіонової кислоти при $Z=2$ см у лінійних координатах

Для визначення коефіцієнтів λ та a прологарифмуємо рівняння (1):

$$\ln\left(1 - \frac{C}{C_0}\right) = \ln(a) - \lambda Fo. \quad (4)$$

За графіком 4 визначаємо $\ln(a) = -3 \cdot 10^{-16}$, $a=1$, $\lambda=24868$.

Перехід до інших довжин шару адсорбента може бути виконаний на основі наступного наближеного розв'язку

$$\left(\frac{c}{c_0}\right)_n = 1 - \left[1 + \lambda Fo + \frac{(\lambda Fo)^2}{2!} + \dots + \frac{(\lambda Fo)^{n-1}}{(n-1)!}\right], \quad (5)$$

де n – кратна висота шару.

Висновок. Отримані результати експериментальних досліджень дають змогу визначити коефіцієнти процесу сорбції α -оксіпропіонової кислоти цеолітом в апараті колонного типу. На підставі проведених досліджень та розрахунків математичної моделі побудовано теоретичну залежність концентрації α -оксіпропіонової кислоти у рідкій фазі залежно від числа Fo . Досліджено

процес сорбції *a*-оксіпропіонової кислоти цеолітом та обґрунтовано параметри адсорбційної колони.

1. Сабадаш В. В. Сорбційне очищення стічних вод молокопереробних підприємств від молочної кислоти // *IV Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013)*. – Вінниця, 25–27 вересня, 2013 // *Збірник наукових статей*. – Вінниця: видавництво-друкарня ДІЛО, 2013. – С. 67–70. 2. Гивлюд А. М. Кінетика адсорбції оксіпропіонової кислоти природним цеолітом / А. М. Гивлюд, В. В. Сабадаш, Я. М. Гумницький // *Наукові праці ОНАХТ*. – Одеса, 2014. – Вип. 45. – Т. 2. – С. 25–30. 3. Гумницький Я. М. Сорбційне вилучення амонію з рідкої фази / Я. М. Гумницький, В. В. Сабадаш // *Одеська Національна академія харчових технологій*. – Одеса, 2012. – Вип. 41. – Т. 2. – С. 197–200. 4. Петрушка І. М. Кінетика внутрішньодифузійної сорбції органічних розчинників природними сорбентами / І. М. Петрушка, М. С. Мальований, Я. М. Гумницький // *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. – 2012. – № 3(74). – С. 131–134.

УДК 628.31+628.4

Д. О. Урбанас, І. В. Сатін

Державне підприємство “Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства”, м. Київ, лабораторія механізації санітарного очищення, благоустрою та озеленення міст

ПРОБЛЕМА ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТУ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ТА ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

© Урбанас Д. О., Сатін І. В., 2016

Досліджено основні проблеми, що виникають у сфері поводження з фільтратом полігонів твердих побутових відходів. На основі даних про хімічний склад фільтрату обґрунтовано необхідність встановлення локальних систем очищення фільтрату на території полігону перед скиданням його в каналізаційну мережу та розроблено принципову схему очищення фільтрату на прикладі Львівського полігону. Запропоновано ряд заходів щодо оптимізації поводження з твердими побутовими відходами, які вирішують широкий спектр питань екологічного менеджменту.

Ключові слова: фільтрат, тверді побутові відходи, полігон, очищення, мало-відходні технології.

D. Urbanas, I. Satin

THE PROBLEM OF PURIFICATION OF LANDFILL'S FILTRATE AND ITS SOLVING

© Urbanas D., Satin I., 2016

The basic problems arising in the management of the filtrate from municipal solid waste landfills were researched. Based on the chemical composition of the filtrate the necessity for local filtrate purification systems on the landfill's territory before dumping it in the sewer network was substantiated and the principle scheme of filtrate purification by the example of Lviv landfill was developed in this article. A number of measures to optimize the management of municipal solid waste that solve a wide range of issues of environmental management was suggested.

Key words: filtrate, municipal solid waste, landfill, purification, low-waste technology.

Постановка проблеми. Тверді побутові відходи (ТПВ) є істотним джерелом забруднення навколишнього природного середовища. Раціональне поводження з відходами – одне з найваж-