

Моделювання та оптимізація процесу адсорбції альдегідів із водно-спиртових розчинів

Н.А. Ткачук, к.т.н., доцент кафедри процесів і апаратів харчових виробництв,

Національний університет харчових технологій, м. Київ

Л.М. Мельник, д.т.н., професор кафедри процесів і апаратів харчових виробництв,

Національний університет харчових технологій, м. Київ

В.М. Криворотько, к.т.н., доцент, проректор із навчально-методичної роботи,

Національний університет харчових технологій, м. Київ

50

Розроблено математичну модель процесу адсорбції альдегідів із водно-спиртових розчинів глауконітом та перевірено її на адекватність. На її основі встановлено оптимальні параметри адсорбційного очищення водно-спиртових розчинів глауконітом.

Ключові слова: водно-спиртовий розчин, альдегіди, глауконіт, адсорбція, адсорбційні властивості, математична модель.

Разработана математическая модель процесса адсорбции альдегидов из водно-спиртовых растворов глауконитом и проверено ее на адекватность. На ее основе установлены оптимальные параметры адсорбционной очистки водно-спиртовых растворов глауконитом.

Ключевые слова: водно-спиртовой раствор, альдегиды, глауконит, адсорбция, адсорбционные свойства, математическая модель.

The mathematical model for the process of adsorbing aldehydes from aqueous-alcoholic solutions by glauconite has been elaborated and its efficiency has been checked. On its basis the optimal parameters for adsorptive purification of aqueous-alcoholic solutions by glauconite has been determined.

Key words: aqueous-alcoholic solution, aldehydes, glauconite, adsorption, adsorptive capacities, mathematical model.

Виробництво етилового спирту та лікерогорілчаних виробів посідає вагоме місце в економіці держави. Спирт – один із бюджетоформуючих продуктів. Тому дослідження, пов'язані із покращенням якісних показників спирту і лікерогорілчаних виробів, здешевленням цих виробів є надзвичайно актуальним.

Якість спирту, а отже і водно-спиртових розчинів (сортівок), можна підвищити шляхом їх адсорбційного очищення природними дисперсними мінералами українських родовищ, зокрема глауконітом [1].

Серед домішок, які погіршують якість етилового спирту, знаходяться альдегіди. Альдегіди – легкорозчин-

ні у воді речовини, їм властиві удушливий запах і велика реакційна здатність.

Для проведення процесу адсорбційного очищення водно-спиртових розчинів від альдегідів глауконітом в автоматичному режимі була поставлена задача: розробити модель адсорбції альдегідів із водно-спиртових розчинів глауконітом і використати її для оптимізації цього процесу.

Було прийнято три основні фактори, які впливають на процес адсорбційного очищення сортівок: m - маса адсорбенту, г; V - об'єм сортівки, мл; τ - тривалість оброблення бортівки глауконітом, хв.

Числові значення обраних рівнів факторів та інтервалів

варіювання (на основі дослідних даних) подані в **табл.1**.

В якості функції відгуку була вибрана кількість альдегідів у сортівці після адсорбційного очищення порівняно з неочищеною сортівкою. Отримані результати досліджень сортівок на вміст альдегідів приведені в **табл.2**.

У результаті математичної обробки експериментальних даних одержано рівняння для визначення кількості альдегідів в обробленій глауконітом сортівці, яке в подальших розрахунках використане як локальний критерій оптимізації:

$$f_{\text{альд}} = 8.57 - 0.12 \cdot \tau + 2.04 \cdot m - 0.12 \cdot V - 8.75 \cdot 10^{-2} \cdot \tau \cdot m + 3.24 \cdot 10^{-3} \cdot \tau^2 + 1.08 \cdot 10^{-3} \cdot V^2$$

Рівні факторів та інтервали варіювання

Рівні факторів	$X_1(\tau)$	$X_2(m)$	$X_3(V)$
	Тривалість процесу, хв.	Маса адсорбенту, г	Об'єм сортивки пропущеної через шар адсорбенту, м ³
Верхній рівень	50	0,8	75
Основний рівень	30	0,5	50
Нижній рівень	10	0,2	25
Інтервал варіювання	20	0,3	25
Рівень + α	60	1	100
Рівень - α	0	0	0

Таблиця 2

Функція відгуку для процесу адсорбційного очищення сортивки глауконітом

Дослід	X_0	$X_1(\tau)$	$X_2(m)$	$X_3(V)$	Y
					Вміст альдегідів, мг/дм ³
1	1	10	0,2	25	6,5
2	1	50	0,2	25	4,5
3	1	10	0,8	25	5
4	1	50	0,8	25	4,5
5	1	10	0,2	75	7
6	1	50	0,2	75	4
7	1	10	0,8	75	5
8	1	50	0,8	75	4,5
9	1	0	0,5	50	6
10	1	60	0,5	50	4,5
11	1	30	0	50	4
12	1	30	1	100	4,5
13	1	30	0,5	0	7
14	1	30	0,5	100	5,5
15	1	30	0,5	50	4

Щоб адсорбційні процеси були ефективними і дешевими, їх необхідно проводити в оптимальних умовах, з найменшими енергозатратами.

При вирішенні задачі оптимізації, тобто пошуку найбільшого чи найменшого значення, критерій оптимальності R розглядається як цільова функція керуючих параметрів:

$$R=R(x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, \dots, y_m; u_1, u_2, \dots, u_k), \quad (1)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n - вхідні параметри; y_1, y_2, \dots, y_m - вихідні параметри; u_1, u_2, \dots, u_k - керуючі параметри.

Зв'язок між параметрами виразу (1) можна встановити лише при наявності результатів

попереднього вивчення властивостей, який оптимізується, математичного опису і отримання математичної моделі.

Постановка задачі оптимізації передбачає: оптимізацію двох величин (тривалість процесу, маса адсорбенту); наявність степенів вільності у об'єкта, що оптимізується; можливість кількісної оцінки оптимізуючої величини [2].

За допомогою одного вихідного параметра неможливо однозначно охарактеризувати досліджуваний процес адсорбційного очищення сортивки, тому для вирішення оптимізаційної задачі використовували узагальнений критерій оптимізації, який дозволяє єдиним кількісним показником уза-

гальнити обрані локальні критерії оптимальності [2,3].

$$F=\prod_{i=1}^n f_i'(x)^{\lambda_i} \rightarrow \max,$$

де локальні критерії оптимальності в безрозмірній формі; λ_i - вагові коефіцієнти, $i=1\dots 5$.

Для оцінки ефективності процесу адсорбційного очищення сортивки було обрано наступні локальні критерії (в натуральній формі):

$f_1(x)$ - кількість альдегідів, мг/дм³; $f_2(x)$ - маса адсорбенту, г; $f_3(x)$ - тривалість процесу, хв.

Вагові коефіцієнти з урахуванням важливості локальних критеріїв оптимізації вибрані відповідно такі: перший показник характеризує якісну властивість очищеної сортивки у процесі оброблення, кіль-

Інтервали бажаності локальних критеріїв оптимальності для сортівки

Локальні критерії оптимальності	Значення бажаності	
	0,01	0,99
$f_1(x)$	7	4
$f_2(x)$	4	0,2
$f_3(x)$	50	10

кість альдегідів має зменшуватися. Масу адсорбенту і тривалість процесу слід обмежувати з технологічних і економічних міркувань.

Використання узагальненого критерію оптимізації вимагає перетворення локальних критеріїв оптимізації з натуральної в безрозмірну форму, яке можна здійснити методом Харрінгтона через визначення проміжних параметрів f_i за допомогою функції бажаності, які повинні змінюватись від 0,01 до 0,99, тому, що в узагальненому критерії оптимізації вони не будуть чутливими при наближенні до 0 або 1.

Для кращого відображення критеріїв інтервал 0,01-0,99 ділиться на п'ять частин. Проміжки від 0,01 до 0,2 відповідають поняттю «дуже погано», від 0,2 до 0,37 - «погано», від 0,37 до 0,63 - «задовільно», від 0,63 до 0,8 - «добре» і від 0,8 до 0,99 - «дуже добре». Значення локальних критеріїв оптимальності наведені в **табл.3**.

Інтервали бажаностей вибирали з урахуванням розрахованих значень локальних критеріїв оптимальності.

Переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона, оптимізація і розрахунок оптимальних параметрів процесу адсорбційного очищення сортівки виконані за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional 2001.

Використовуючи програму пошуку максимального значення функції і її параметрів за значеннями індексів, було

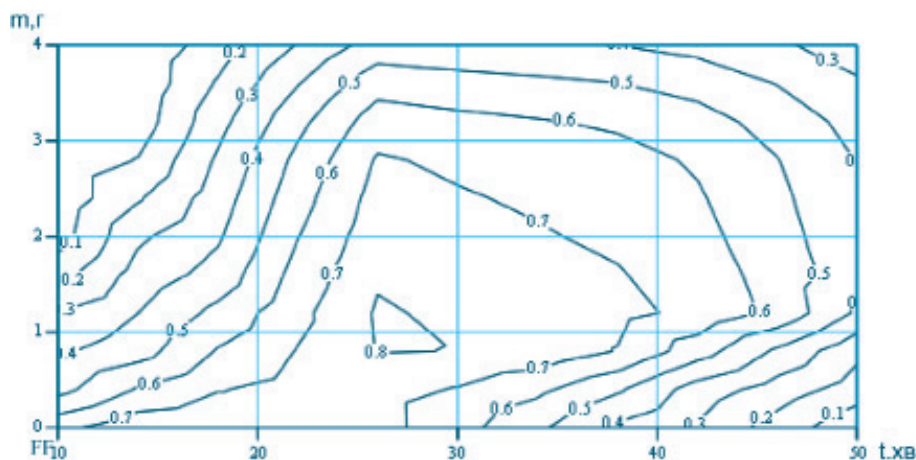


Рис.1. Графіки ліній рівня.

обчислено максимальне значення цільової функції та параметрів процесу адсорбційного очищення сортівки при сталій концентрації адсорбенту 4% мас, яка була встановлена раніше.

Графіки ліній рівня залежностей узагальненого критерію оптимізації від параметрів оптимізації (маса адсорбенту, тривалість процесу) при сталій концентрації альдегідів 4 % мас наведені на **рис.1**.

Оптимальними параметрами визначені: маса адсорбенту – 0,96г, тривалість процесу – 22 хв.

ВИСНОВКИ

Розроблено і перевірено на адекватність математичну модель процесу адсорбції альдегідів із водно-спиртових розчинів глауконітом.

Методом математичного моделювання проведена оптимізація процесу адсорбційного очищення сортівки глауконітом, встановлено оптимальні параметри процесу: 200 кг адсорбенту – на 1000 дал водно-

спиртового розчину (сортівки), тривалість взаємодії -22 хв.

Список використаних джерел

1. Ткачук Н.А. Адсорбционная очистка водно-спиртовых растворов глауконитом / Н.А. Ткачук, Л.Н. Мельник, В.В. Манк // Всеукраинский научно-технический журнал «Вибрации в технике и технологиях». - 2008. - № 1 (50). - С.101-103.
2. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. - М. : Высшая школа, 1985. - 285с.
3. Алексеев Е.Л. Моделирование и оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности / Е. Л. Алексеев, В. Ф. Пахомов.- М. : Агропромиздат, 1988. - 273 с.

Рецензент: О.Ю. Шевченко,
д.т.н., проф.