

УДК66.011:663.52

Ткачук Н.А., к.т.н., доцент кафедри процесів і апаратів харчових виробництв,
Національний університет харчових технологій, м. Київ
тел.:+380(44)287-91-68, 050-528-89-81
tkachuk2008@bigmir.net

Мельник Л.М., д.т.н., професор кафедри процесів і апаратів харчових виробництв,
Національний університет харчових технологій, м. Київ
тел.:+380(44)287-92-30

Криворотько В.М., к.т.н., доцент, проректор із навчально-методичної роботи,
Національний університет харчових технологій, м. Київ
тел.:+380(44)287-92-30

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ АЛЬДЕГІДІВ ІЗ ВОДНО-СПИРТОВИХ РОЗЧИНІВ

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.

**Ткачук Н.А.,
Мельник Л.М.,
Криворотько В.М.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ АЛЬДЕГИДОВ ИЗ ВОДНО-СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ

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.

**N. Tkachuk
L. Melnyk
V. Krivorotko**

MODELING AND OPTIMIZING THE PROCESS OF ADSORBING ALDEHYDES FROM AQUEOUS-ALCOHOLIC SOLUTIONS

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 лікєро-горілочаних виробів посідає вагоме місце в економіці держави. Спирт – один із бюджетоформуєчих продуктів. Тому дослідження, пов'язані із покращенням якісних показників спирту і лікєро-горілочаних 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 – легкорозчинні 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 адсорбента, 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.

Таблиця 1

Рівні факторів та інтервали варіювання

Рівні факторів	$X_1(\tau)$	$X_2(m)$	$X_3(V)$
	Тривалість процесу, хв.	Маса адсорбента, г	Об'єм сортивки пропущеної через шар адсорбента, 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 $+\alpha$	60	1	100
Рівень $-\alpha$	0	0	0

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

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

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 адсорбента); 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 сортівки, тому для вирішення оптимізаційної задачі використовували узагальнений критерій оптимізації, який дозволяє єдиним кількісним показником узагальнити обрані локальні критерії оптимальності [2,3].

$$F = \sum_{i=1}^5 \lambda_i f_i(x)$$

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

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

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

Вагові коефіцієнти з урахуванням важливості локальних критеріїв оптимізації вибрані відповідно такі: перший показник характеризує якісну властивість очищеної сортівки у процесі оброблення, кількість альдегідів має зменшуватися. Масу адсорбента і тривалість процесу слід обмежувати з технологічних і економічних міркувань.

Використання узагальненого критерія оптимізації вимагає перетворення локальних критеріїв оптимізації з натуральної в безрозмірну форму, яке можна здійснити методом Харрінгтона через визначення проміжних параметрів fb_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.

Таблиця 3

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

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 обчислено максимальне значення цільової

функції та параметрів процесу адсорбційного очищення сортівки при сталій концентрації адсорбента 4%мас, яка була встановлена раніше.

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

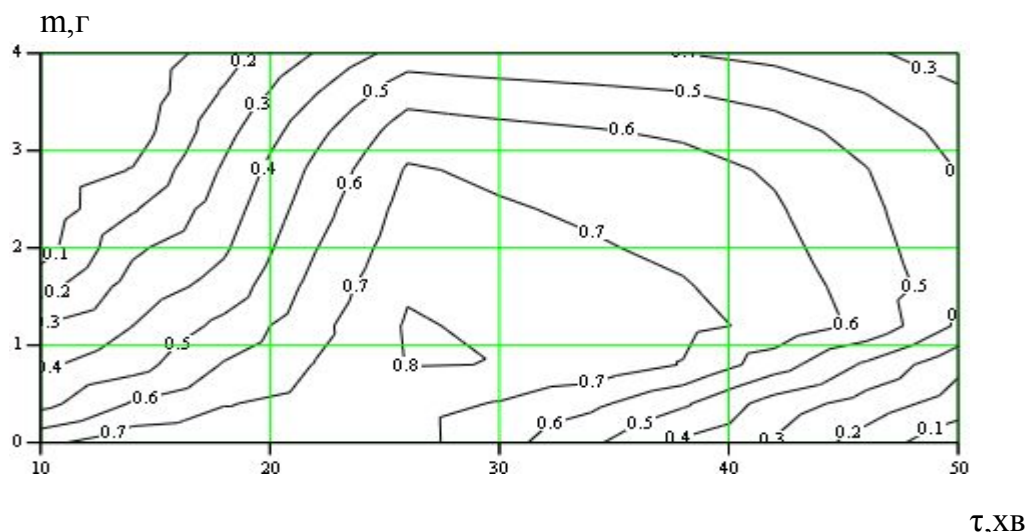


Рис.1 Графіки ліній рівня.

Оптимальними параметрами визначені: маса адсорбента – 0,96г, тривалість процесу - 22хв

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 адсорбента – на 1000 дал водно-спиртового розчину (сортівки), тривалість взаємодії -22 хв.

Список використаних джерел

1. *Ткачук Н.А.* Адсорбційне очищення водно-спиртових розчинів глауконітом/ Н.А. Ткачук, Л.М. Мельник, В.В. Манк// Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях”. – 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.