

УДК 615.012.014

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ДИФУЗІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ «ТВЕРДА ОЛІЄВМІСНА СТРУКТУРА – РОЗЧИННИК»

Коляновська Л.М., аспірант\*

Вінницький національний аграрний університет

Тел. (0432) 68-01-65

**Анотація** – у статті наведено дані досліджень з визначення значень коефіцієнтів дифузії для систем: «ріпак - гексан», «ріпак - спирт», «соя - гексан», «соя - спирт».

**Ключові слова** – коефіцієнт дифузії, ріпак, соя, гексан, спирт.

*Постановка проблеми.* Дифузія відіграє важливу роль у різних галузях науки і техніки, в процесах, що відбуваються у живій та неживій природі. Дифузія впливає на протікання чи визначає механізм і кінетику хімічних реакцій, а також багатьох фізико-хімічних процесів і явищ: мембранних, випаровування, конденсації, кристалізації, розчинення, екстрагування, набухання, горіння, каталітичних, хроматографічних, люмінесцентних, електричних і оптичних у напівпровідниках, уповільнення нейтронів у ядерних реакторах і т. д.

Дифузійному процесу екстрагування – перенесенню речовини усередині твердого тіла і в навколишній рідині – відповідає кінетичний коефіцієнт: коефіцієнт дифузії розчиненої речовини в твердому тілі.

Експериментальні дослідження коефіцієнта дифузії розчиненої речовини в твердому тілі не можуть обмежуватися суто технологічними завданнями, пов'язаними з тим, що коефіцієнт дифузії входить у розрахункові рівняння процесу. Ці дослідження мають велике наукове значення, оскільки дозволяють вивчити механізм процесу, вплив різних факторів на швидкість перенесення речовини в твердому тілі [1].

Від точності і простоти методів вимірювання коефіцієнта дифузії залежить правильність оцінки екстракційних апаратів, тобто визначення того, наскільки досконалий процес, що в них протікає.

*Аналіз останніх досліджень.* Не ускладнену іншими явищами дифузію зазвичай описують рівнянням в окремих похідних. Але при цьому виникають задачі з різними початковими та граничними умовами.

---

© Коляновська Л.М., аспірант

\*Науковий керівник – к.т.н., доцент Бандура В.М.

Рішенню цих задач було присвячено велику кількість робіт авторів Аксельруда Г.А., Белобородова В.В., Вороненка Б.А., Дементія В.А., Короткової Т.Є., Константинова Є.Н., Кошевого Є.П., Косачова В.С., Романкова П.Г. та ін. Дослідження зазначених наукових джерел показали, що коефіцієнт дифузії не є постійною величиною. Тому в працях Лисянського В.М. та Місіна О.Н. запропоновано залежність коефіцієнта дифузії від концентрації визначати експериментально інтервально-ітераційним методом. Але в аналітичних рішеннях, що отримують з використанням безкінечних ортогональних рядів, усі члени ряду мають значення, а тангенс кута нахилу кінетичної кривої у координатах: концентраційний комплекс  $(\ln \bar{C})$  – критерій Фур'є ( $F_0$ ) не характеризується коефіцієнтом дифузії. Тому в даний час використовується інший підхід, згідно якого приймається певний вид аналітичної залежності коефіцієнта дифузії від концентрації та на основі рішення рівняння нестационарної дифузії за експериментальними даними знаходять коефіцієнти цієї залежності як параметри ідентифікації [2].

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи було визначення коефіцієнтів дифузії для систем: «ріпак - гексан», «ріпак - спирт», «соя - гексан», «соя - спирт» на основі вищезазначеного підходу.

Процес проводився згідно розробленої методики та контролювався за наявністю чіткої границі розділу твердих та рідких фаз.

*Основна частина.* Дослідження проводились в умовах лабораторії на експериментальному стенді. Для визначення коефіцієнтів дифузії досліджуваних систем використовувались наступні матеріали.

Розчинники: Н-гексан, насичений вуглеводень –  $C_6H_{14}$ , неполярний розчинник. Кипить за температури  $68,7^\circ C$ ,  $n_D^{20} = 1,3751$ ,  $\rho_4 = 0,660 \text{ г/см}^3$ . Безбарвна легкозаймиста рідина, утворює вибухонебезпечну суміш із повітрям, якщо вміст гексану становить 1,1- 8 об. відсотків. ГОСТ 6-09-3375-78.

Етиловий спирт — безбарвна рідина із слабким «алкогольним» запахом. Густина його  $0,789 \text{ г/см}^3$ . Температура кипіння  $78,3^\circ C$ . З водою змішується у будь-яких пропорціях. Етиловий спирт є добрим розчинником для багатьох органічних, а також неорганічних речовин. Молекулярна формула етилового спирту  $C_2H_6O$ , або  $C_2H_5-OH$ . ГОСТ 5922-67.

Сировина для екстрагування: ріпак сорту «Чемпіон» та соя сорту «Вінничанка» фракції 0,5 мм-1мм.

Температурний режим дослідів:  $25^\circ C$ .

Тривалість дослідження: до 9 год.

Постійність температурного режиму забезпечувалась за допомогою термостату ТС-80 М2.

Зважування проводились на аналітичних вагах ВАА - 200г–М та електронних вагах PS 750/c/1 RADWAG®.

Лабораторне обладнання: колби, бюкси, ексикатор, сушильна шафа, шприц, набір мірних сит, подрібнювач цілих зерен.

Для проведення дослідження з визначення значень коефіцієнта дифузії  $D$  для систем «ріпак - спирт», «ріпак - гексан», «соя - спирт», «соя - гексан» було розроблено лабораторний стенд (див. рис. 1). Досліди проводились у вузькому мірному циліндрі. Процес контролювався за наявністю чіткої межі розподілу фаз «олієвмісне насіння - розчинник».

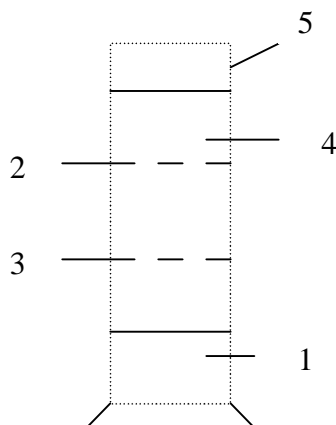


Рис. 1. Схема мірного циліндра для визначення коефіцієнту дифузії:

1 – тверда фаза; 2 – верхній рівень для відбору проби; 3 – нижній рівень; 4 – розчинник; 5 – мірний циліндр.

Проби з різних рівнів від межі розподілу фаз відбирались шприцями з подальшим визначенням їх концентрації для підрахунку коефіцієнта дифузії. Концентрація місцели вимірювалась через певні проміжки часу. Стабілізація температури екстрагування при 25°C відбувалась за допомогою термостату ТС-80 М2. Обчислення концентрації ріпакової та соєвої олії проводились за формулою

$$C = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0} \cdot 1000, \text{ г/л}, \quad (1)$$

де  $m_1$  – маса бюкси з олією;

$m_2$  – маса бюкси з місцелою;

$m_0$  – маса пустої бюкси.

Розрахунок коефіцієнта дифузії при 25 °С:

Рівняння першого закону Фіка визначає коефіцієнт дифузії

$$J = -D \frac{\partial C}{\partial Z}, \quad (2)$$

де  $\partial Z$  - відстань між рівнями від межі розподілу фаз.

У ємності із відомою площею  $F$  визначається кількість речовини  $\partial m$  за час екстрагування  $\tau$

$$J = \frac{\partial m}{F_n \cdot \tau}, \quad (3)$$

де  $\partial m$  – різниця маси олії ( $m_n - m_e$ ).

Маса олії нижнього рівня від межі розподілу фаз

$$m_n = \frac{\frac{C_n}{100} \cdot \rho \cdot V}{1 - \frac{C_n}{100}}. \quad (4)$$

Маса олії верхнього рівня від межі розподілу фаз

$$m_e = \frac{\frac{C_e}{100} \cdot \rho \cdot V}{1 - \frac{C_e}{100}}. \quad (5)$$

Площа перетину ( $m^2$ ) циліндра рахується

$$F_n = R \cdot h. \quad (6)$$

Із рівняння Фіка

$$D = \frac{\frac{\partial m}{F \cdot \tau} \cdot \partial Z}{\partial C \cdot F \cdot \tau} \quad (7)$$

Відповідно

$$D_{298} = \frac{\partial m \cdot \partial Z}{\partial C} \quad (8)$$

На основі експериментальних даних та за допомогою розрахунків згідно формул (1-8) були отримані наступні значення (див. таблиця 1).

Концентрація розчину під час експериментальних досліджень вимірювалась через певні проміжки часу на двох рівнях занурення: 8 см та 12 см від межі розподілу фаз.

Таблиця 1 – Визначення коефіцієнтів дифузії для систем «ріпак - спирт», «ріпак - гексан», «соя - спирт», «соя - гексан»

$\tau$ , сек.	$\partial Z$ , м	$\partial C$ , кг/м <sup>3</sup>	$\partial M$ , кг	F, м <sup>2</sup>	J, кг/м <sup>2</sup> ·с	D, м <sup>2</sup> /с
«соя-спирт»						
25200	0,04	11,58	$0,57 \cdot 10^{-5}$	0,0008	$0,28 \cdot 10^{-6}$	$0,99 \cdot 10^{-9}$
«ріпак-спирт»						
32400	0,04	0,27	$0,13 \cdot 10^{-6}$	0,0008	$0,52 \cdot 10^{-8}$	$0,77 \cdot 10^{-9}$
«соя-гексан»						
28800	0,04	1,57	$0,11 \cdot 10^{-5}$	0,0008	$0,47 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$
«ріпак-гексан»						
28800	0,04	5,57	$0,27 \cdot 10^{-5}$	0,0008	$0,12 \cdot 10^{-6}$	$0,86 \cdot 10^{-9}$

З часом концентрація вирівнювалась. Під час дослідів температуру утримували на рівні 25°C. Результати досліджень представлені на рис. 2-5 для досліджуваних систем.

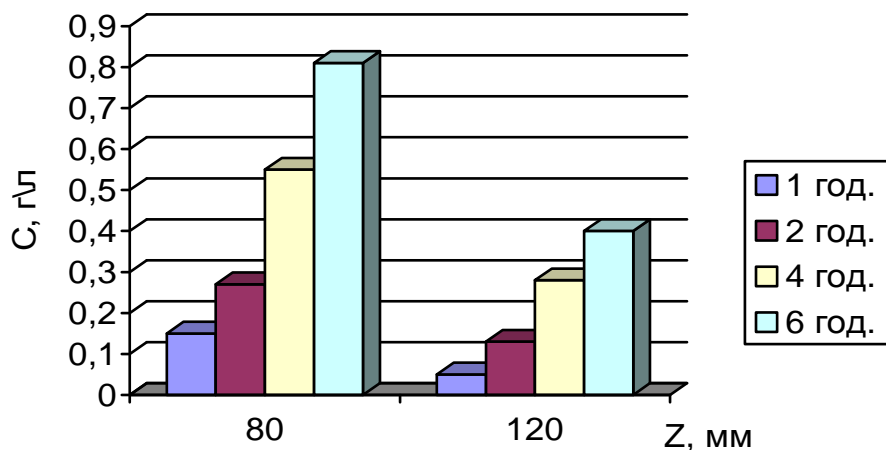


Рис. 2. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «ріпак-спирт».

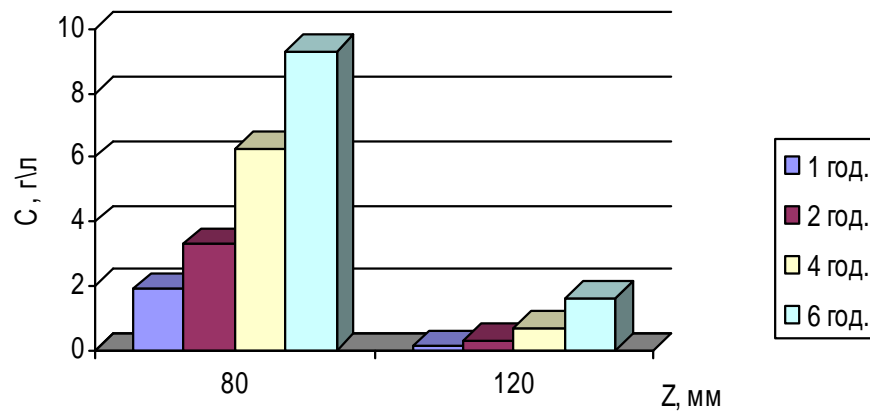


Рис. 3. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «ріпак-гексан».

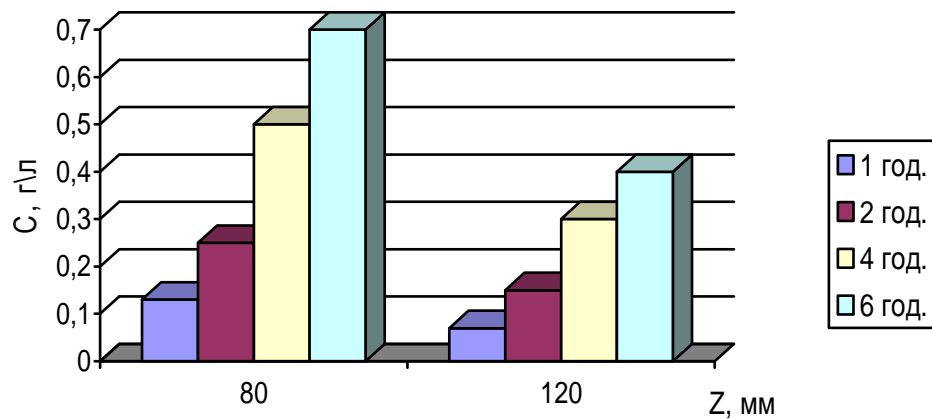


Рис. 4. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «соя-спирт».

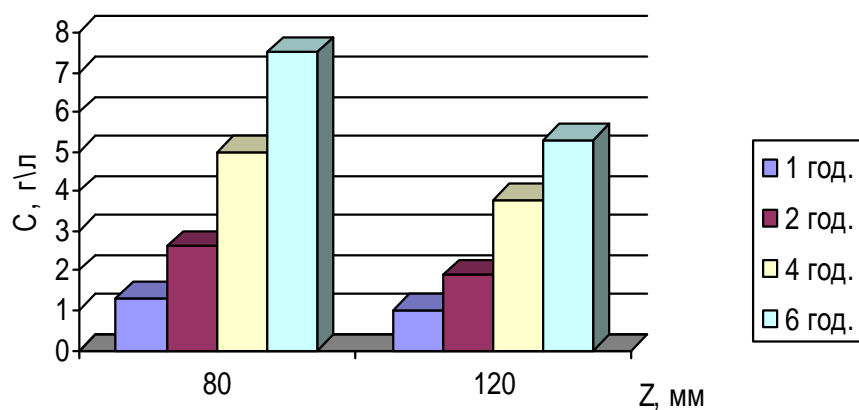


Рис. 5. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «соя-гексан».

Для інших умов проведення дослідження процесу екстрагування вплив температури на середнє значення коефіцієнта дифузії розраховувався за відношенням [3]

$$D(t) = \frac{273+t}{298} \cdot \frac{D_{298} \cdot \eta_{298}}{\eta_t}, \quad (9)$$

де  $D(t)$  – коефіцієнт дифузії при заданій температурі, м<sup>2</sup>/с;  
 $D_{298}$  – коефіцієнт дифузії при температурі 298 К, м<sup>2</sup>/с;  
 $t$  – задана температура, °С;  
 $\eta_{298}$  – в'язкість дифузійного середовища, Па·с;  
 $\eta_t$  – в'язкість дифузійного середовища при заданій температурі, Па·с.

Література:

1. Аксельруд Г.А. Экстрагирование. Система твердое тело-жидкость / Г.А. Аксельруд, В.М. Лысянский. – Л.: Химия. – 1974. – 256 с.
2. Константинов В.Е. Исследование равновесия и кинетики массообмена в системе капиллярно-пористое тело - жидкость В.Е.Константинов, А.А. Лобанов, Е.Н. Константинов, Т.Г. Короткова, В.А. Причко // Сб. материалов научно-практич. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов)» СЭТТ – 2002 г. – Москва. – С. 55-60.
3. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе-вода». – Одесса. – 2007. – 176 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ «ТВЕРДАЯ МАСЛОСОДЕРЖАЩАЯ СТРУКТУРА - РАСТВОРИТЕЛЬ»**

Коляновская Л.М.

**Аннотация** - в статье приведены данные исследований по определению значений коэффициентов диффузии для систем: «рапс - гексан», «рапс - спирт», «soя - гексан», «soя - спирт».

## **DEFINITION OF DIFFUSION COEFFICIENT FOR «HARD CONTAINING OIL STRUCTURE – SOLVENT»**

L. Kolyanovska

### *Summary*

The article presents research data to determine the values of the diffusion coefficients for the systems «to rape – hexane», «to rape – alcohol», «soy – hexane», «soy – alcohol».