

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ДИФУЗІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ «ТВЕРДА
ОЛІЄВІСНА СТРУКТУРА – РОЗЧИННИК»**

Коляновська Людмила Миколаївна к.т.н., доцент

Семко Тетяна Василівна к.т.н., доцент

Соломон Ала Миколаївна к.т.н., доцент

Вінницький національний аграрний університет

Kolyanovska L.

Semko T.

Solomon A.

Vinnitsa National Agrarian University

Анотація: статтю присвячено розробленій методиці та дослідженням із визначення значень коефіцієнтів дифузії для систем тверде «тіло-рідина». Процес екстрагування є дифузійним. В зазначеному процесі перенесенню речовини усередині твердого тіла і в навколишній рідині – відповідає кінетичний коефіцієнт: коефіцієнт дифузії розчиненої речовини в твердому тілі. Не ускладнену іншими явищами дифузії зазвичай описують рівнянням в окремих похідних. Але при цьому виникають задачі з різними початковими та граничними умовами. Від точності і простоти методів вимірювання коефіцієнта дифузії залежить правильність оцінки екстракційних апаратів, тобто визначення того, наскільки досконалий процес, що в них протікає. В процесі проведення експериментальних досліджень було відпрацьовано методику для систем: «ріпак - гексан», «ріпак - спирт», «soя - гексан», «soя - спирт».

Ключові слова: коефіцієнт дифузії, ріпак, соя, гексан, спирт, екстракція, мікрохвильове випромінювання.

Дифузія відіграє важливу роль в різних галузях науки і техніки, в процесах, що відбуваються в 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 в напівпровідниках, уповільнення нейтронів в 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 в 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.

Не ускладнену іншими явищами дифузії зазвичай описують рівнянням в окремих похідних. Але при цьому виникають задачі з різними початковими та граничними умовами.

Рішенню цих задач було присвячено велику кількість робіт авторів Аксельруда Г.А., Белобородова В.В., Вороненка Б.А., Дементія В.А., Короткової Т.С., Константинова Є.Н., Кошевого Є.П., Косачова В.С., Романкова П.Г. та ін. Дослідження зазначених наукових джерел показало, 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 в 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].



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.

Дослідивши джерела [1-5] було зроблено висновок, що коефіцієнт дифузії не є постійною величиною. Якщо раніше було актуальним при визначенні коефіцієнту дифузії використовувати інтервально-ітераційний метод, то на сьогоднішній час використовується інший підхід. Згідно з ним приймається певний вид аналітичної залежності коефіцієнту дифузії від рівноважної концентрації і температури, та на основі рішення рівняння нестационарної дифузії за експериментальними даними знаходяться коефіцієнти цієї залежності, як параметри ідентифікації [3]. Саме цей метод і було використано в роботі. Процес проводився згідно розробленої методики описаної в розділі 2 та контролювався за наявністю чіткої границі розділу фаз «ріпак - гексан», «ріпак - спирт», «соя - гексан», «соя - спирт».

Було розроблено експериментальний стенд для визначення значень коефіцієнта дифузії D для систем «ріпак - спирт», «ріпак - гексан», «соя - спирт», «соя - гексан», що представляв собою скляний вузький мірний циліндр із впаяними голками та шприцами для відбору проб. Процес контролювався за наявністю чіткої межі розподілу фаз «олієвмісне насіння - розчинник» (рис. 1).

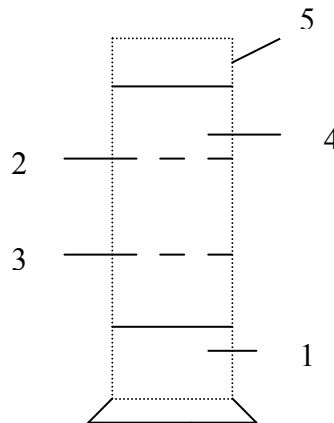


Рис. 1. Схема мірного циліндра для визначення коефіцієнту дифузії: 1 – тверда фаза; 2 – верхній рівень для відбору проби; 3 – нижній рівень; 4 – розчинник; 5 – мірний циліндр

Проби з різних рівнів від границі розподілу фаз відбирались шприцами з подальшим визначенням їх концентрації для підрахунку коефіцієнту дифузії. Концентрація місцели вимірювалась через певні проміжки часу. Стабілізація температури екстрагування при 25°C відбувалась за допомогою термостату ТС-80 М2. Розрахунок концентрації проводили за формулою (1).

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

де m_1 – маса бюкси з олією, г;
 m_2 – маса бюкси з місцелою, г;
 m_0 – маса пустої бюкси, г.

Розрахунок коефіцієнта дифузії при 25 °С.

Рівняння першого закону Фіка визначає коефіцієнт дифузії:

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

де ∂Z - відстань між рівнями від границі розподілу фаз, м.

В потоці у ємності із відомою площею F визначається кількість речовини ∂m за час екстрагування τ :

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

∂m – різниця маси олії ($m_n - m_0$), кг.

Маса олії нижнього рівня від границі розподілу фаз:



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

Маса олії верхнього рівня від границі розподілу фаз:

$$m_s = \frac{C_s \cdot \rho \cdot V}{1 - \frac{C_s}{100}} \quad (5)$$

Площа перетину (m^2) циліндра рахували за площею контакту фаз:

$$F_n = \pi \cdot R^2, \quad (6)$$

де R – радіус циліндра, м.

Із рівняння Фіка:

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

При 25°C дослід (298 K), відповідно:

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

За допомогою графічного інтегрування було визначено середнє значення коефіцієнта дифузії для всього проміжку часу як відношення площі графіку до часу.

Вплив температури на середнє значення коефіцієнта дифузії розраховувався за відношенням [6]:

$$D(t) = \frac{273+t}{298} \cdot \frac{D_{298} \cdot \mu_{298}}{\mu_t} \quad (9)$$

де $D(t)$ – коефіцієнт дифузії при заданій температурі, m^2/c ;

D_{298} – коефіцієнт дифузії при температурі 298 K, m^2/c ;

t – задана температура, °C;

μ_{298} – в'язкість дифузійного середовища, Па·с;

μ_t – в'язкість дифузійного середовища при заданій температурі, Па·с

Результати дослідів представлені на рисунках 2-5.

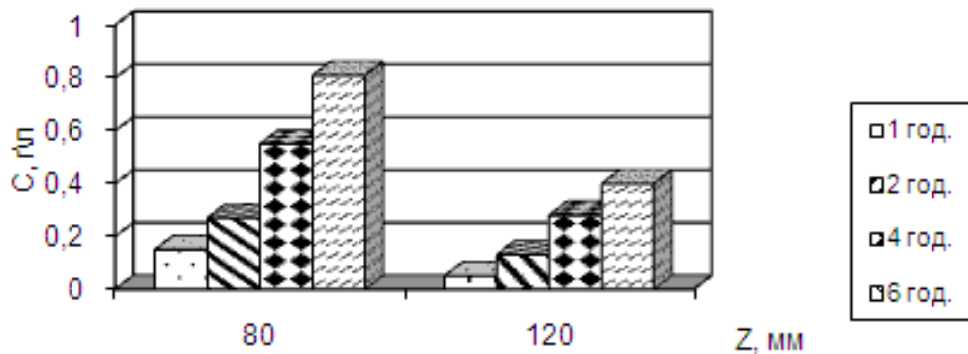


Рис. 2. Просторово-часовий розподіл концентрацій в системі «олія ріпаку-спирт»

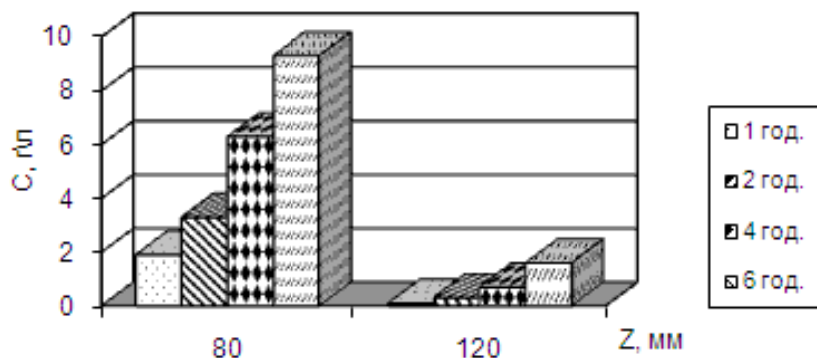


Рис. 3. Просторово-часовий розподіл концентрацій в системі «олія ріпаку-гексан»

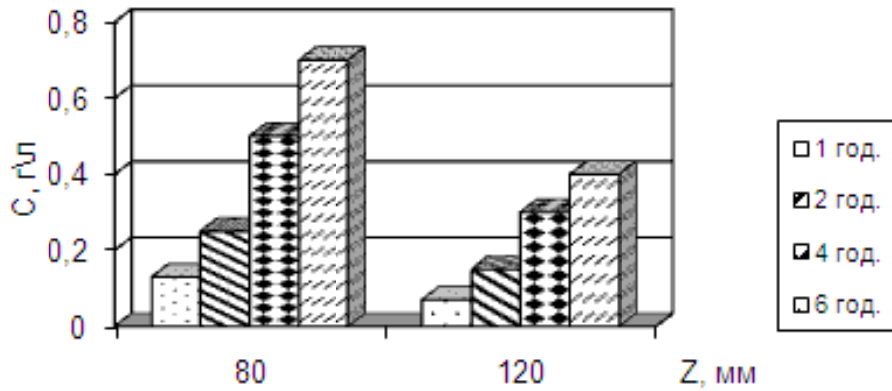


Рис. 4. Просторово-часовий розподіл концентрацій в системі «олія сої-спирт»

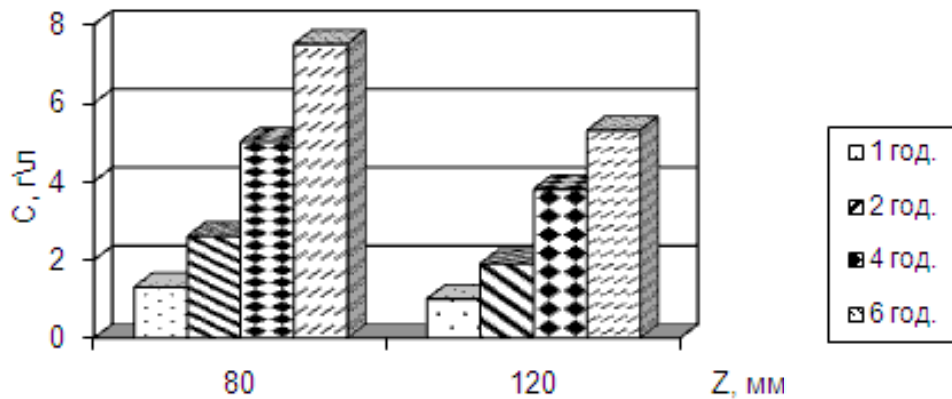


Рис. 5. Просторово-часовий розподіл концентрацій в системі «олія сої-гексан»

Концентрація розчину вимірювалась через певні проміжки часу на двох рівнях занурення: 8 см та 12 см від границі розподілу фаз. З часом концентрація вирівнювалась. Під час досліду температуру утримували на рівні 25°C.

На основі експериментальних даних та за допомогою розрахунків згідно формул (2-8) були отримані наступні значення коефіцієнтів дифузії для систем «олія ріпаку - спирт», «олія ріпаку - гексан», «олія сої - спирт», «олія сої - гексан» при 25°C (табл. 1).

Виходячи із розрахунків коефіцієнтів дифузії для умов «олія ріпаку-спирт», «олія ріпаку-гексан», «олія сої-спирт», «олія сої-гексан» при 25°C за експериментальними даними, згідно формули (9) розраховували також вплив температур під дією мікрохвильового поля на середнє значення коефіцієнта дифузії, враховуючи співвідношення твердої та рідкої фаз (табл. 2).

Таблиця 1

Визначення коефіцієнтів дифузії для систем «олія ріпаку – спирт», «олія ріпаку – гексан», «олія сої – спирт», «олія сої – гексан» при 25°C

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



Таблиця 2

Показники коефіцієнта дифузії при різних температурах та гідромодулі в мікрохвильовому полі

Гідромодуль, ζ	Температура, °C	$D \cdot 10^8, \text{ м}^2/\text{с}$
1	2	3
«олія ріпаку-спирт»		
1:3	78,3	0,469
1:5	78,3	0,732
1:10	78,3	1,256
1:20	78,3	1,931
1:3	40	0,138
1:3	50	0,196
1:3	60	0,274
«олія ріпаку-гексан»		
1:3	68,7	0,475
1:5	68,7	0,792
1:10	68,7	1,508
1:20	68,7	2,633
1:3	40	0,113
1:3	50	0,243
1:3	60	0,309
«олія сої-спирт»		
1:3	78,3	0,478
1:5	78,3	0,740
1:10	78,3	1,247
1:20	78,3	1,876
1:3	40	0,138
1	2	3
1:3	50	0,196
1:3	60	0,274
«олія сої-гексан»		
1:3	68,7	0,560
1:5	68,7	0,931
1:10	68,7	1,755
1:20	68,7	3,017
1:3	40	0,220
1:3	50	0,299
1:3	60	0,382

Висновки

Було визначено коефіцієнти дифузії для систем: «ріпак - гексан», «ріпак - спирт», «соя - гексан», «соя - спирт» на основі рішення рівняння нестационарної дифузії за експериментальними даними.

Список літератури

1. Akselrud G.A., Lyisyanskiy V.M. Ekstragirovanie. Sistema tverdoe telo-zhidkost. – L.: Himiya. – 1974. – 256 s.
2. Konstantinov V.E. Issledovanie ravnovesiya i kinetiki massoobmena v sisteme kapillyarno-poristoe telo - zhidkost V.E.Konstantinov, A.A. Lobanov, E.H. Konstantinov, T.G. Korotkova, V.A. Prichko // Sb. materialov nauchno-praktich. konf. «Sovremennyye energosberegayushchie teplovyye tehnologii (sushka i termovlazhnostnaya obrabotka materialov)» SETT – 2002 g. – Moskva. – S. 55-60.
3. Burdo O.G., Ryashko G.M. Ekstragirovanie v sisteme «kofe-voda». – Odessa. – 2007. – 176 s.
4. Zav"yalov V.L. Naukove obgruntuvannya ta aparaturne oformlennya protsesiv vibroekstrahuvannya v kharchoviy promyslovosti [Tekst] : dys. ... d-ra tekhn. nauk : 05.18.12 / V. L. Zav"yalov ; Nats. un-t kharch. tekhnol. — K., 2014. — 535 s.
5. Burdo O.G. Printsipy adresnogo podvoda energii pri pererabotke pischevogo syirya [Tekst] / O. G. Burdo, V. N. Bandura, N. V. Ruzhitskaya // Intehrovani tekhnolohiyi ta enerhozberezhennya. — 2014. — # 4. — S. 79-85.
6. Kolyanovs'ka L.M. Intensyfikuvannya protsesiv ekstrahuvannya pry vyrobnytstvi oliyi iz soyi ta ripaku: dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.18.12 / Kolyanovs'ka L.M. – Vinnytsya, 2014. – 259 s.



МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ «ТВЕРДАЯ МАСЛОСОДЕРЖАЩАЯ СТРУКТУРА - РАСТВОРИТЕЛЬ»

Аннотация: статья посвящена разработанной методике и исследованиям по определению значений коэффициентов диффузии для систем твердое «тело-жидкость». Процесс экстрагирования является диффузным. В указанном процессе за перенос вещества внутри твердого тела и в окружающей жидкости – отвечает кинетический коэффициент: коэффициент диффузии растворенного вещества в твердом теле. Не осложненную другими явлениями диффузию обычно описывают уравнением в отдельных производных. Но при этом возникают задачи с различными начальными и граничными условиями. От точности и простоты методов измерения коэффициента диффузии зависит правильность оценки экстракционных аппаратов, то есть определение того, насколько совершенен процесс, который в них протекает. В процессе проведения экспериментальных исследований была отработана методика для систем «рапс - гексан», «рапс - спирт», «soя - гексан», «soя - спирт».

Ключевые слова: коэффициент диффузии, рапс, соя, гексан, спирт, экстракция, микроволновое излучение.

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

Summary: the extraction is a diffusion process. Diffusion is the process that occurs between different systems. In the article the interaction of "solid-liquid". This process is the transfer of matter inside the solid body and the surrounding fluid. Kinetic coefficient is the diffusion coefficient. This solute diffusion in solids. Factor responsible for the transfer.

It usually is not complicated to describe other phenomena using diffusion equation in specific derivatives. But while there are problems with different initial and boundary conditions. The accuracy and ease of methods for measuring diffusion coefficient depends on correct assessment of extraction devices. That is the definition of how perfect leaking process.

During experimental studies have been worked out methodology for systems "rape - hexane", "rape - alcohol," "soy - hexane", "soybean - alcohol." So the whole article devoted to research and developed methods of determining the values of diffusion coefficients for these systems. The diffusion coefficient is not constant.

It used to be important in determining the diffusion coefficient using interval-iterative method. Today used a different approach. It is based on analytical dependence diffusion coefficient of the equilibrium concentration and temperature.

Based on the solutions of non-stationary diffusion coefficients are experimental data this dependence as parameters identification. It is this method was used in the work. The novelty of the work was to develop laboratory model for determining the values of diffusion. The stand was a narrow glass measuring cylinder with soldered needles and syringes for sampling. The process was controlled by the presence of clear the interfaces "seeds - solvent".

Samples from different levels of the distribution phase boundaries were selected syringes. Then their concentration was determined to calculate the diffusion coefficient. Mistsely concentration was measured at regular intervals. Stabilization of the temperature at 25°C extraction took place using the thermostat.

Keywords: diffusion coefficient, canola, soy, hexane, ethyl, extraction, microwave radiation.