

*Досліджено процес адсорбції барвника активного алого 4ЖТ глауконітом. Визначено значення коефіцієнтів масовіддачі  $\beta$  в залежності від числа обертів. Приведено порівняння їх значень з теоретичними, визначеними на підставі теорії локальної ізотропної турбулентності. Отримані значення узагальнені критеріальною залежністю*

*Ключові слова: адсорбент, барвник, кінетика, внутрішня дифузія*

*Исследован процесс адсорбции красителя активного алого 4ЖТ на глауконите. Определены значения коэффициентов массоотдачи  $\beta$  в зависимости от числа оборотов. Приведено сравнение их значений с теоретическими, определенными на основании теории локальной изотропной турбулентности. Полученные значения обобщены критериальной зависимостью*

*Ключевые слова: адсорбент, краситель, кинетика, внутренняя диффузия*

*The adsorption process of active red dye 4G with glauconite is researched. The values of the mass transfer coefficient  $\beta$  depending on the number of revolutions are defined. The comparison of their theoretical values determined on the basis of the theory of local isotropic turbulence is shown. Getting values are generalized by criterial dependence*

*Keywords: adsorbent, dye, kinetics, internal diffusion*

# ТЕОРІЯ ЛОКАЛЬНОЇ ІЗОТРОПНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПРИ АДСОРБЦІЇ БАРВНИКА АКТИВНОГО АЛОГО 4ЖТ НА ГЛАУКОНІТІ

**І. М. Петрушка**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра екології та охорони навколишнього  
середовища  
Національний університет "Львівська  
політехніка"  
пл. Св. Юра, 3/4, м. Львів, Україна, 79013  
Контактний тел.: 067-671-28-25  
E-mail: petim@mail.ru

## 1. Вступ

Адсорбційні процеси широко застосовуються в хімічній технології, а також в охороні навколишнього середовища зокрема для очищення стічних вод від домішок [1]. Якість води має велике значення для функціонування природного середовища і, зокрема, для здоров'я людини, тому велика увага дослідників приділяється підвищенню ефективності методів очищення.

З безлічі методів очищення води найпоширенішими і ефективними є сорбційні. Ефективність адсорбційного очищення досить висока і залежить від хімічної природи адсорбенту, його структури і величини адсорбційної поверхні. Велике значення в останні роки для очищення води надається природним сорбентам або сорбентам, отриманим на основі природних матеріалів.

Використання природних дисперсних сорбентів для очищення стічних вод забруднених синтетичними барвниками в досить повній мірі обґрунтовано в багатьох наукових роботах [2-5]. Проте значний інтерес представляє кінетика процесу адсорбції барвників на природних сорбентах

## 2. Мета роботи

Вивчення сорбційно-кінетичних властивостей природних сорбентів (глауконіту) по відношенню до синтетичного барвника активного алого 4ЖТ ( $C_{19}H_{15}O_{14}N_2S_4Na_3$ ). Визначення коефіцієнтів масовіддачі  $\beta$  в залежності від числа обертів. Проведення порівняння їх значень з теоретичними, визначеними на підставі теорії локальної ізотропної турбулентності.

## 3. Результати дослідження та їх теоретична інтерпретація

Як відомо, адсорбційні системи характеризуються різною формою ізотерм рівноваги. Для багатьох адсорбційних систем властива форма ізотерми Ленгмюра. Характерною рисою цього типу адсорбційних ізотерм є те, що певному значенню концентрації компонента в рідкому розчині, рівноважна концентрація у твердій фазі досягає значення, яке можна вважати практично постійним (а). На рис.1 представлено ізотерму адсорбції барвника активного алого 4ЖТ на глауконіті при температурі 20°C.

Характер ізотерм адсорбції визначає кінетику процесу. Так, в області високих концентрацій компонента в розчині кінетика є внутрішньодифузійна (в нашому випадку при концентрації  $C=25\text{мг/дм}^3$ ). В області низьких концентрацій відповідних лінійному характером ізотерм адсорбції кінетика є зовнішньодифузійна ( $C=5\text{мг/дм}^3$ ). У проміжному інтервалі концентрацій кінетика є змішаною.

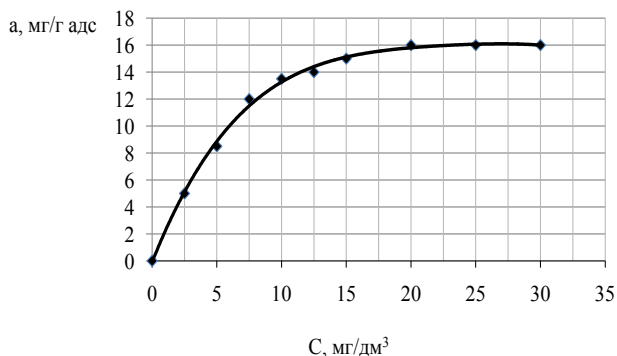


Рис. 1. Ізотерма адсорбції барвника активного алого 4ЖТ на глауконіті при  $t=20\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$

Нами досліджено процес поглинання барвника активного алого 4ЖТ при концентрації  $C = 10\text{ мг/дм}^3$ , що відповідає забрудненню реальних стічних вод і лежить в проміжній області.

Це означає, що зовнішньодифузійний і внутрішньодифузійний опір приблизно однакові. Відомо, що зовнішньодифузійний опір може бути зменшено за рахунок збільшення гідродинаміки в апараті.

З цією метою нами досліджено процес сорбції барвника активного алого 4ЖТ природним дисперсним сорбентом глауконітом в динамічних умовах.

Для проведення експериментів готувався модельний розчин з концентрацією барвника  $10\text{ мг/дм}^3$  та визначеним раніше оптимальною кількістю сорбенту (глауконіту)  $50\text{г на } 1\text{ дм}^3\text{ розчину}$  [ 5].

Дослідження проводили в апараті з лопатевою мішалкою, частота обертів якої змінювалася в інтервалі  $50\text{-}300\text{ об/хв}$ . Проби відбиралися через певні проміжки часу і аналізувалися на вміст у розчині даного барвника [5].

Максимальна інтенсифікація процесу сорбції відповідає умовам переходу процесу у внутрішньодифузійну область.

Підвищення числа обертів понад  $300\text{ об/хв}$  не призводить до збільшення швидкості поглинання барвника. Це означає, що процес адсорбції протікає у внутрішньодифузійній області, при якій зовнішній вплив не впливає на кінетику сорбції.

Нами попередньо досліджено даний випадок і визначений ефективний коефіцієнт внутрішньої дифузії барвника активного алого 4ЖТ на глауконіті [5].

У даному дослідженні визначали значення коефіцієнта масовіддачі залежно від числа обертів механічного перемішування.

Очевидно, що чисто зовнішньодифузійний процес має місце тільки в початкові проміжки часу, коли на поверхні адсорбенту концентрація молекул барвника дорівнює 0, а в розчині - дорівнює початковій

концентрації  $C_п = 10\text{ мг/дм}^3$ . Для цих умов нами визначено коефіцієнт масовіддачі згідно залежності [6]:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\sum F(C_{п} - 0) \cdot \Delta t} \quad (1)$$

де  $C_{п}$  - концентрація барвника в розчині,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\sum F$  - загальна площа частинок глауконіту,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta t$  - час, с; причому проміжки часу вибиралися дуже невеликі.

Масу поглинутого барвника визначали згідно рівняння матеріального балансу:

$$\Delta M = V \cdot (C_{п} - C_1) \quad (2)$$

де  $V$  - об'єм розчину,  $\text{м}^3$ ;

У зовнішньодифузійній області спочатку процесу адсорбції свідчить той факт, що зміна концентрації барвника носить лінійний характер, а це означає, що на процес не накладається внутрішньодифузійний транспорт речовини, що спостерігається для часу понад 100 секунд.

Для визначення коефіцієнтів масовіддачі на поверхні частинок глауконіту необхідно визначити загальну поверхню і середній діаметр частинок глауконіту щодо гранулометричного складу наведеного в табл.1.

Таблиця 1

Гранулометричний склад глауконіту

Позначення фракції частинок	Діаметр фракції, мм	Масова частка частинок, %
d1	0.13	13
d2	0.13-0.25	10
d3	0.25-0.5	85
d4	0.5-1.0	2

Визначалась сумарна кількість частинок  $N$ , а їх середньостатистичний діаметр  $d_{сер}$  розраховувався на підставі загальної поверхні всіх частинок, оскільки площа зовнішньої поверхні частинок є найбільш важливою для зовнішньодифузійних процесів. Середній діаметр частинок визначали згідно:

$$d_{сер} = \sqrt{\frac{\sum F}{\sum N \cdot \pi}} \quad (3)$$

де:

$\sum N$  - сумарна кількість частинок глауконіту;

Для даного гранулометричного складу середній діаметр частинок дорівнює  $d_{сер} = 0,253 \cdot 10^{-3}\text{ м}$ .

Для інтенсифікації процесу сорбції дослідження проводили в апараті з мішалкою при різних числах обертів (50, 100, 200, 300 об/хв) [5].

На рис.2 представлені експериментальні значення коефіцієнтів масовіддачі  $\beta$  в залежності від числа обертів  $n$ . З представлених результатів випливає, що збільшення числа обертів сприяє збільшенню коефіцієнтів масовіддачі.

В [7] наводиться методика розрахунку теоретичного коефіцієнту масовіддачі на підставі теорії локальної ізотропічної турбулентності для апаратів з механічними пристроями для випадку розчинення

твердих частинок, розміри яких перевищують товщину дифузійного пограничного шару.

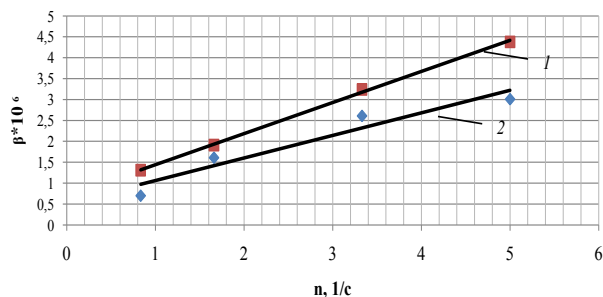


Рис. 2. Вплив числа обертів на коефіцієнт масовіддачі: 1 - експериментальні результати; 2 - результати розрахунків за рівнянням (4)

Згідно цієї теорії коефіцієнт масовіддачі  $\beta_p$  дорівнює [7]:

$$\beta_p = 0,267 \cdot (\epsilon_0 \cdot \nu)^{\frac{1}{4}} \cdot Sc^{-\frac{3}{4}} \quad (4)$$

де:

$\epsilon_0$  - питома енергія дисипації;

$\nu$  - кінематична в'язкість рідини, м<sup>2</sup>/с;

$Sc = \frac{\nu}{D}$  - число Шмідта;

$D$  - коефіцієнт дифузії барвника в розчині, (3,057\*10<sup>-10</sup>), м<sup>2</sup>/с;

У наших дослідженнях процесу адсорбції здійснюється масообмін між частинками адсорбенту і розчином, тому нами зроблено спробу застосувати рівняння (4) і теоретично визначити  $\beta$ .

Потужність на перемішування визначали згідно [7]:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_M^5 \quad (5)$$

де:

$K_N$  - коефіцієнт перемішування, який залежить від числа Рейнольдса;

$\rho$  - густина рідини кг/м<sup>3</sup>;

$d_M$  - діаметр мішалки, м;

$n$  - кількість обертів мішалки, 1/с,

а питома значення енергії дисипації в одиниці маси рідини  $\epsilon_0$ :

$$\epsilon_0 = \frac{N}{\rho \cdot V} \quad (6)$$

Результати розрахунків наведено на рис.2 (крива 2) відповідають теоретичним значенням  $\beta$ , розрахованих за формулою (4).

Як видно з рис.2, отримані значення мають один порядок.

У той же час згідно з літературними даними для апаратів малого діаметру без відбивних перегородок внаслідок радіальної сепарації твердих частинок спостерігається збільшення коефіцієнта масовіддачі в порівнянні з розрахунковим згідно рівняння (4) [7].

Автори [8] рекомендують вводити поправочний коефіцієнт  $k_\beta$  значення якого і його визначення пов'язане з радіальною неоднорідністю розподілу часток. Коефіцієнт  $k_\beta$  визначається в залежності від відношення концентрації частинок біля стінок апарату до середньої концентрації твердої дисперсії в розчині. Автори роботи стверджують, що чим менше розміри апарату, тим вище значення коефіцієнта  $k_\beta$ .

Таким чином, враховуючи поправочний коефіцієнт  $k_\beta$  значення експериментального коефіцієнта масовіддачі значно наближаться до теоретичного коефіцієнта масовіддачі.

Отже, метод теоретичного визначення  $\beta$  може бути рекомендований для оцінки коефіцієнта масовіддачі у разі адсорбції на дрібнодисперсній фракції сорбенту, що протікає в зовнішньодифузійній області.

Результати експериментального дослідження представлені у вигляді узагальнених змінних  $Sh = f(Re_M)$  (рис.3)

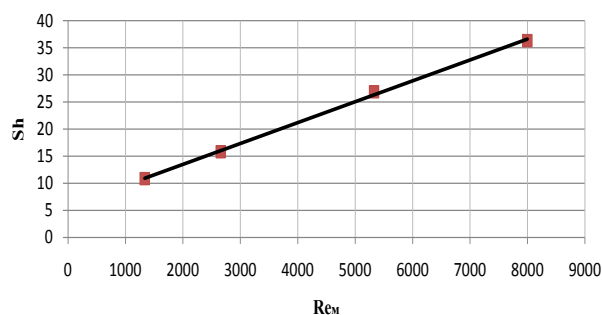


Рис.3. Залежність числа Шервуда від числа Рейнольдса

Отримані значення апроксимуються прямою лінією, що відповідає рівнянню:

$$Sh = 6,6 + 1,75 \cdot 10^{-4} \cdot Re_M \quad (7)$$

В залежності (7) не враховано число Шмідта ( $Sc$ ) оскільки фізичні параметри системи не змінювалися під час дослідів.

Таким чином, встановлена залежність коефіцієнта масовіддачі  $\beta$  від інтенсивності перемішування. Показано, що максимальна ступінь інтенсифікації відповідає внутрішньодифузійному режиму. Певне значення коефіцієнта  $\beta$  згідно теоретичної залежності (4) може бути рекомендоване для оцінки  $\beta$ .

## Література

1. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод [Текст] / А.К. Запольський, Н.А. Мешкова-Клименко, І.М. Астрелін, П.І. і ін.; під ред. А.К. Запольського. - К.: Лібра, 2000.- 552 с.
2. Бородкин В. Ф. Химия красителей [Текст] / В. Ф. Бородкин - М.: Химия, 1981.-248 с.
3. Венкатараман К. Химия синтетических красителей [Текст] / К. Венкатараман - Л.: Химия, 1979.- 488 с.

4. Мальований М. Технології очищення стоків із застосуванням природних дисперсних сорбентів [Текст] / Р. Петрусь, М. Мальований, Й. Варчол, З. Одноріг, І. Петрушка, Г. Леськів // Хімічна промисловість України. - 2003. - №2 (55). - С. 20–22.
5. Петрушка І.М. Внутрішньодифузійна кінетика процесу адсорбції барвників природними сорбентами [Текст] / І.М. Петрушка // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2011.-№4/6 (52).- С.15-17.
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / А.Г.Касаткин. - М: Химия, 1971.- 784 с.
7. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах[Текст] / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш - Ленинград: Химик, 1984.- 336 с.

УДК 667.6

## ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ СТРУКТУРНО- ОКРАШЕННОЙ АЛКИДНОЙ СМОЛЫ

**В.З. Маслош**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой\*  
Контактный тел.: (064) 53-51584, 050-851-03-11  
E-mail: masloshVZ@mail.ru

**Н. Н. Алексеева**

Аспирант  
Кафедра технологии высокомолекулярных соединений  
Институт химических технологий

\*Восточноукраинский национальный университет им. В.Даля  
ул. Пушкина, 6/52, г. Рубежное, Луганська область,  
93010 Контактный тел.: 066-917-29-62  
E-mail: natalinik2000@mail.ru

**О.В. Маслош**

Кандидат химических наук, доцент  
Технологический институт  
Восточноукраинский национальный университет им. В.Даля  
проул. Заводской 9/3, г. Рубежное, Луганская обл. 93010  
Контактный тел.: 095-164-85-91

*Вивчені закономірності отримання структуровано-зabarвленої алкідної смоли. Доведена їх будова, вивчена кінетика, визначені порядок реакції і погрешності вимірів*

*Ключові слова: алкідна смола, порядок реакції, барвник*

*Изучены закономерности получения структурно-окрашенной алкидной смолы. Доказано их строение, изучена кинетика, определены порядок реакции и погрешности измерений*

*Ключевые слова: алкидная смола, порядок реакции, краситель*

*The principles of the production the structural-painted alkyd resin are studied. their structure is proven, kinetics is studied, the order of reaction and error of measurements are defined*

*Keywords: alkyd resin, order of reaction, dye*

Полимерные материалы с каждым годом находят все более широкое применение в народном хозяйстве. Значительный интерес представляют исследования по получению структурно-окрашенных поликонденсационных смол. В литературе известны публикации по получению структурно-окрашенных смол таких, как полиэфирадипинаты, полиэфирмалеинаты, полиамиды, цветные водорастворимые полиэфирные и эпоксидные смолы, структурно-окрашенные эпоксидные смолы, окрашенные полиэфирные смолы [1-5]. В тоже время в литературе мало уделяется внимания изучению структурно-окрашенных алкидных смол, окрашивание которых в промышленных условиях вызывает определенные трудности.

Целью нашей работы является синтез структурно-окрашенных алкидных смол, изучение строения, свойств и закономерностей их получения. В качестве сомономеров поликонденсации алкидных смол выбраны аминоксиантрахиноновые красители, а именно – 1,5-диамино-антрахинон, 1-амино-4-оксиантрахинон, 1,8-диоксиантрахинон, 1,4-диоксиантрахинон. Такие красители обладают яркими цветами и высокой термостойкостью [6]. Нами выбрана следующая схема получения структурно-окрашенных алкидных смол. На первой стадии фталевый ангидрид обрабатывают аминоксиантрахинонами до образования дифталатов аминоксиантрахинонов, например: