

УДК 504.064+628.316.12

Петрушка Ігор Михайлович

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності
Національний університет «Львівська політехніка»*

Петрушка Игорь Михайлович

*доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры экологической безопасности и природоохранной деятельности
Национальный университет «Львовская политехника»*

Petrushka Ihor

*Doctor of Engineering, Professor
Lviv Polytechnic National University*

Мороз Олександр Іванович

*доктор технічних наук, професор,
професор кафедри геодезії
Національний університет «Львівська політехніка»*

Мороз Александр Иванович

*доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры геодезии
Национальный университет «Львовская политехника»*

Moroz Oleksandr

*Doctor of Engineering, Professor
Lviv Polytechnic National University*

Петрушка Катерина Ігорівна

*асистент кафедри екології та збалансованого природокористування
Національний університет «Львівська політехніка»*

Петрушка Екатерина Игоревна

*ассистент кафедры экологии и сбалансированного природопользования
Национальный университет «Львовская политехника»*

Petrushka Kateryna

*Assistant
Lviv Polytechnic National University*

**ЗОВНІШНЬОДИФУЗІЙНІ ПРОЦЕСИ СОРБЦІЇ БАРВНИКІВ
З РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ КОМПЛЕКСНИМИ СОРБЕНТАМИ
ВНЕШНЕДИФУЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ СОРБЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ
С ЖИДКИХ СРЕД КОМПЛЕКСНЫМИ СОРБЕНТАМИ
EXTERNAL DIFFUSION PROCESSES OF ADSORPTION OF SOLVENTS
FROM THE ELDERLY ENVIRONMENTS OF COMPLEX SORBENTS**

Анотація. Досліджено кінетику зовнішньої дифузії процесу адсорбції барвників з стічних вод комплексними дисперсними сорбентами. Розраховано коефіцієнти зовнішньої дифузії за залежностями Уїлка-Чанга та Шейбеля.

Ключові слова: адсорбент, барвник, коефіцієнт, зовнішня дифузія.

Анотация. Исследовано кинетика внешней диффузии процесса сорбции красителей из сточных вод комплексными дисперсными сорбентами. Определены коэффициенты внешней диффузии по зависимостям Уилка-Чанга и Шейбеля.

Ключевые слова: адсорбент, краситель, коэффициент, внешняя диффузия.

Summary. The kinetics of external diffusion of adsorption of dyes from sewage with complex disperse sorbents has been investigated. The coefficients of external diffusion have been calculated for dependencies of Wilka-Chang and Shaybel.

Key words: adsorbent, pigment, coefficient, external diffusion.

Вступ. Масообмінні процеси в двофазних системах широко використовуються не тільки в технологічних процесах різних галузей промисловості, таких як хімічна, харчова, фармацевтична, а і в природоохоронних технологіях. До таких двофазних систем слід віднести систему «рідина — тверде тіло». Особлива увага науковців зосереджена на використанні природних ресурсів в розробці ефективних методів очищення забруднених рідинних середовищ з використанням вископористих мінералів природнього походження.

Використання таких природних дисперсних сорбентів як бентоніт, палигорськіт та глауконіт для очищення стічних вод забруднених барвниками в досить повній мірі обґрунтовано в багатьох наукових роботах [1; 2; 5]. Природні сорбенти значно дешевші, ніж синтетичні при цьому мають досить високу сорбційну здатність. Особливу увагу серед природних матеріалів викликають мінерали групи алюмосилікати: бентоніт, палигорськіт та глауконіт. Для підвищення швидкості та ступеню сорбції використовують різні методи модифікації природних сорбентів [2]. Проте на даний час значний інтерес представляє розробка комплексних природних сорбентів з високою адсорбційною ємністю, які значно підвищують селективну здатність та степінь сорбції поллютантів з стічних вод.

Мета роботи. Основною метою наших досліджень є вивчення сорбційних властивостей комплексних природних сорбентів на основі модифікованого монтморилоніту та шунгіту по відношенню до синтетичних барвників, які достатньо широко використовуються в текстильній промисловості, зокрема — аніонного червоного 8С ($C_{38}H_{25}O_{13}N_6S_3Na_3$).

Результати дослідження та їх теоретична інтерпретація. Барвник застосовується для фарбування натуральної шкіри хромового дублення з натуральною поверхнею, велюру, шубної вівці, а також для фарбування шерсті на всіх стадіях її переробки. Напівпродукт аніонний червоний 8С призначений для отримання випускних форм змішаних барвників аніонного червоного та аніонного коричневого.

Відомо, що для збільшення сорбційних властивостей бентонітів використовують його модифікування сульфатною кислотою. Слід зазначити, що мінерал після кислотного модифікування набуває високої дисперсності частинок, про що свідчить той факт, що частина суспензії не коагулює, тобто не осідає.

Іншим перспективним сорбентом є шунгіт. Шунгіт — єдиний відомий мінерал, який містить фулерени (нещодавно відкриту нову глобулярну форму існування вуглецю). Особливість структури фулеренів полягає в тому, що атоми вуглецю в молекулах розташовані у вершинах правильних шести- і п'ятикутників, які покривають поверхню сфери і являють собою замкнуті багатогранники, що складаються з парної кількості скоординованих атомів вуглецю. Речовина, побудована на основі фулеренових структур та інших часток, які використовуються в нанотехнологіях, була вперше синтезована в 1985 р. [3; 6].

Оптимальне співвідношення двох адсорбентів визначено з врахуванням дисперсності частинок і складає 1 до 0,50.

Швидкість перенесення маси обумовлена механізмом дифузії і традиційно визначається величиною коефіцієнта молекулярної дифузії D_{AB} , значення якого розраховується відповідно залежності:

$$m_A = D_{AB} S \frac{dC_A}{dn}, \quad (1)$$

де m_A — швидкість перенесення маси за механізмом дифузії відповідно напрямку n , кг/с (моль/с);

S — площа поверхні масоперенесення, m^2 ;

$\frac{dC_A}{dn}$ — градієнт концентрації речовини A в речовині B , kg/m^4 (моль/ m^4).

Необхідність визначення величини D_{AB} обумовлена в більшості випадків відсутністю чіткого опису фізичного механізму перенесення маси в речовинах, які контактують між собою, а також механізм перенесення маси в середині твердої пористої речовини. Тому вивчення даного питання представляє фундаментальний науковий інтерес.

Паралельно теоретичним розробкам моделей механізму молекулярної дифузії, впродовж останніх 60-ти років активно проводились експериментальні дослідження. Проте враховуючи значну кількість систем «тверде тіло-рідина» математичні моделі процесу дифузії відрізняються кінцевим емпіричним рівнянням.

Розрахунок адсорбційних процесів пов'язаний з дифузією цільового компоненту A в рідині B . Швидкість перенесення маси обумовлена механізмом дифузійних процесів і визначається коефіцієнтом дифузії. Визначення коефіцієнту дифузії в системі «рідина — тверде тіло» базується на розрахунку

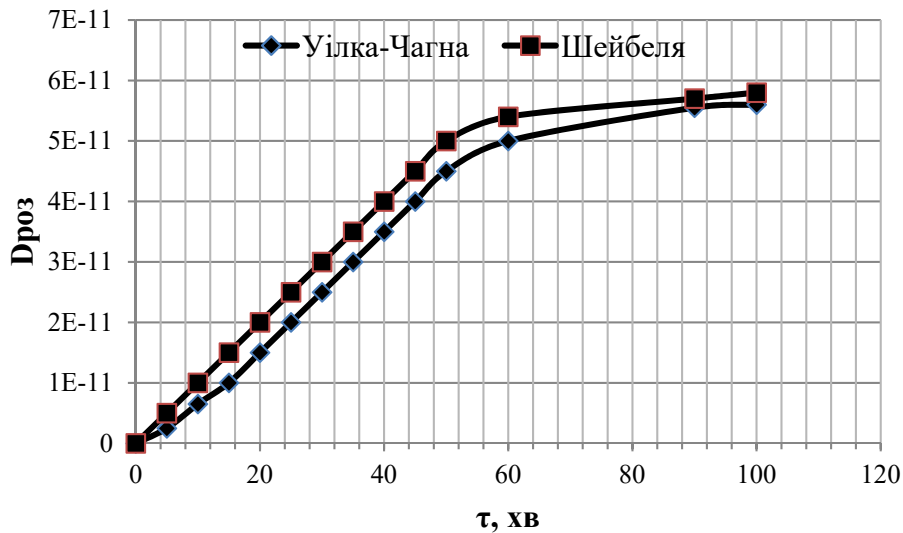


Рис. 1. Залежність розрахункових значень коефіцієнта зовнішньої дифузії від часу адсорбції

зовнішньо — та внутрішньодифузійних параметрів, значення яких залежать від величини дифузійного опору масоперенесення компоненту А в рідині до поверхні адсорбенту та інтенсивності масообміну в твердому пористому тілі.

Визначення коефіцієнтів дифузії обумовлено не тільки необхідністю фізичного опису механізму перенесення маси в системі «рідина — тверде тіло», але і з практичної точки зору підтвердження експериментальних даних математичними залежностями, які дозволяють прогнозувати інтенсивність масообмінних процесів на основі розрахункових значень коефіцієнтів дифузії.

В даній статті наводяться порівняльні дані розрахункових значень коефіцієнтів зовнішньої дифузії за двома рівняннями — Уїлка-Чанга і Шейбеля.

В [7] наводиться методика розрахунку теоретичного коефіцієнту масовіддачі на підставі теорії локальної ізотропної турбулентності для апаратів з механічними пристроями для випадку розчинення твердих частинок, розміри яких перевищують товщину дифузійного пограничного шару.

Коефіцієнт дифузії забрудника в розчині визначається за залежністю Уїлка-Чанга:

$$D_{AB} = 7,4 \cdot 10^{-8} \frac{T(x \cdot M_{\text{води}})}{\mu \cdot V^{0,6}} \quad (2)$$

де: T — температура, К; x — параметр асоціації розчину (для водних розчинів $x = 2,6$, г/моль); $M_{\text{води}}$ — молекулярна маса води; μ — динамічний коефіцієнт в'язкості води, сПз; V — об'ємна молекулярна маса забрудника, см³/моль.

Інший варіант визначення коефіцієнта зовнішньої дифузії проводили за залежністю Шейбеля [8]:

$$D_{AB} = 8,2 \cdot 10^{-8} \frac{T \left[1 + 3 \frac{V_B}{(V_A)^{\frac{2}{3}}} \right]}{\mu_{AB} \cdot V_A^{0,3}} \quad (3)$$

де V_B — мольний об'єм води, см³/моль, $V_B = 75,6$ см³/моль; V_A — мольний об'єм забрудника водного розчину; μ_{AB} — динамічний коефіцієнт в'язкості води, сПз.

Результати розрахункових значень наведені на рис. 1.

Враховуючи незначну розбіжність (5–10 %) величини коефіцієнта зовнішньої дифузії можна стверджувати про адекватність отриманих розрахункових значень за двома залежностями, що дає змогу прогнозувати степінь сорбції політантів з рідинних середовищ твердими пористими тілами.

Література

1. Петрусь Р. Технології очищення стоків із застосуванням природних дисперсних сорбентів / Мальований М., Варчол Й., Одноріг З., Петрушка І., Леськів Г // Хімічна промисловість України. — 2003. — № 2 (55). — С. 20–22.
2. Мальований М. Очищення стічних вод від синтетичних барвників природними дисперсними сорбентами / Р. Петрусь, І. Петрушка, Г. Леськів // Міжнар. наук. конференція «Мембранні та сорбційні процеси і технології»: Тези доповідей 5–7 березня. — Київ, 2007. — С. 68.

3. Трефилов Б. А. Фуллерены — Основа материалов будущего / Б. А. Трефилов, Д. В. Щур, Б. П. Тарасов и др. // К.: Адеф-Украина, 2001. — 147 с.
4. Яковлев С. В. Очистка сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности / С. В. Яковлев, Т. А. Карюхина, С. А. Рыбаков и др. — М.: Стройиздат, 1985. — 250 с.
5. Солодовник Т. В. Сорбция растворимых красителей на хитинсодержащих материалах / Т. В. Солодовник, В. И. Унрод // Химия и технология воды. — 2003. — Т. 25. — № 4. — С. 342–350.
6. Елецкий А. В. Фуллерены и структуры углерода / А. В. Елецкий, Б. М. Смирнов // Успехи физических наук, 1995. — Т. 165. — № 9. — с. 977–990.
7. Брагинский Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Богачев, В. М. Барабаш — Ленинград: Химик, 1984. — 336 с.
8. Новоселов А. Г., Тишин В. Б., Дужий А. Б. Справочник по молекулярной диффузии в системах газ — жидкость и жидкость — жидкость. В кн.: Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. II. — СПб: НПО «Профессионал», 2006.