

Технические науки

УДК 504.4.054+66.081.3+661.183

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*

Дмитрук Богдан Андрійович

*аспірант кафедри екологічної безпеки та природоохоронної діяльності
Національного університету «Львівська політехніка»*

Дмитрук Богдан Андреевич

*аспирант кафедры экологической безопасности
и природоохранной деятельности
Национального университета «Львовская политехника»*

Dmytruk Bogdan

*Postgraduate of the
Lviv Polytechnic National University*

**ПРОЦЕСИ ЗОВНІШНЬОЇ ДИФУЗІЇ СОРБЦІЇ ПОЛЮТАНТІВ
ТВАРИННИЦЬКОГО ПОХОДЖЕННЯ З РІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ
КОМПЛЕКСНИМИ СОРБЕНТАМИ**

**ПРОЦЕССЫ ВНЕШНЕЙ ДИФФУЗИИ СОРБЦИИ ПОЛЮТАНТАМИ
ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ЖИДКОСТНЫХ СРЕД
КОМПЛЕКСНЫМИ СОРБЕНТАМИ
PROCESSES OF EXTERNAL DIFFUSION OF SORPTION OF
POLYUTANTS OF ANIMAL ORIGIN FROM LIQUID
ENVIRONMENTS BY COMPLEX SORBENTS**

Анотація. Досліджено кінетику зовнішньої дифузії процесу адсорбції відходів тваринництва з стічних вод комплексними дисперсними сорбентами. Визначено оптимальний дисперсний склад та співвідношення в масових долях. Проведено порівняльний аналіз прогнозованих коефіцієнтів зовнішньої дифузії.

Ключові слова: адсорбент, відходи тваринництва, , зовнішня дифузія.

Аннотация. Исследована кинетика внешней диффузии процесса адсорбции отходов животноводства из сточных вод комплексными дисперсными сорбентами. Определен оптимальный дисперсный состав и соотношение в массовых долях. Проведен сравнительный анализ прогнозируемых коэффициентов внешней диффузии.

Ключевые слова: адсорбент, отходы животноводства, внешняя диффузия.

Summary. The kinetics of external diffusion of the process of adsorption of livestock waste from wastewater by complex dispersed sorbents has been studied. The optimal dispersed composition and ratios in mass fractions are determined. A comparative analysis of the predicted external diffusion coefficients is performed.

Key words: adsorbent, livestock waste,, external diffusion.

Вступ. Однією з найбільших екологічних проблем промислових ферм є утворення великої кількості відходів тваринництва. В Україні наразі немає жорстких вимог до того, як ферми будуть утилізувати відходи. Більшість тваринницьких господарств використовує саме варіант накопичення та зберігання відходів у лагунах (переважно відкритого типу). Таке поводження з відходами не є екологічною проблемою, якщо ферма мала або середня і обсяги утворення відходів невеликі, дотримані правила безпеки поводження з відходами та режим внесення відходів у поверхневі води.

Україні близько 50 % тваринницьких ферм – промислові. При зберіганні тисяч метрів кубічних відходів у лагунах можливе незаплановане витікання відходів у поверхневі води через розгерметизацію лагун, змив, перевищення лімітів наповнення лагун.

Промислове тваринництво через утворення великої кількості відходів є одним із основних джерел викидів аміаку. Наприклад, у країнах ЄС за рахунок діяльності тваринницького господарства викидається більше 51 % всіх викидів аміаку. Тому проблема зменшення техногенного впливу на довкілля тваринницьких відходів є актуальним питанням забезпечення сталого розвитку суспільства.

При очищенні стічних вод від забрудників особлива увага науковців зосереджена та використанні природних ресурсів та в розробці ефективних методів очищення забруднених рідинних середовищ з використанням високопористих мінералів природнього походження з можливістю їх подальшого використання.

Використання таких природних дисперсних сорбентів як бентоніт, палигорськіт та глауконіт та шляхи їх модифікації для очищення стічних вод в досить повній мірі обґрунтовано в багатьох наукових роботах [1; 2; 5].

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 основних забрудників тваринницького походження.

Результати дослідження та їх теоретична інтерпретація. Відомо, що для збільшення сорбційних властивостей бентонітів використовують його модифікування сульфатною кислотою, який 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. У фулеренів атоми вуглецю в молекулах розташовані у вершинах правильних шести- і п'ятикутників, які покривають поверхню сфери і представляють 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].

Використання високоефективних комплексних сорбентів при очищення стічних вод вимагає оптимального співвідношення з врахуванням дисперсного складу кожного з них.

Нами встановлено, оптимальне співвідношення вищезгаданих адсорбентів з врахуванням гранулометричного складу і складає – бентоніт:шунгіт (1 : 0,50).

Для визначення кінетичних характеристик перебігу процесу сорбції відходів тваринництва з стічних вод визначали механізм процесу зовнішньої дифузії.

Швидкість перенесення маси обумовлена механізмом дифузії і традиційно визначається величиною коефіцієнта молекулярної дифузії, 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, м²; $\frac{dC_A}{dn}$ – градієнт концентрації речовини A в речовині B , кг/м⁴ (моль/м⁴).

Для опису фізичного механізму перенесення маси з забрудненого рідинного середовища до пористої поверхні комплексного сорбенту необхідно визначити величину D_{AB} .

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 дифузиею основного політанта в рідині. Швидкість перенесення маси обумовлена механізмом дифузійних процесів і визначається коефіцієнтом дифузії. Визначення коефіцієнту дифузії в системі «рідина – тверде тіло» базується на розрахунку зовнішньо – та внутрішньодифузійних параметрів, значення яких залежать від величини дифузійного опору масоперенесення компоненту A в рідині до поверхні адсорбенту та інтенсивності масообміну в твердому пористому тілі.

Отримані значення коефіцієнтів дифузії дозволяють не тільки фізичного описати механізм перенесення маси в системі «рідина – тверде тіло», але і з практичної точки зору підтверджують експериментальні дані математичними залежностями, за допомогою яких можна прогнозувати інтенсивність масообмінних процесів на основі розрахункових значень коефіцієнтів дифузії.

В даній роботі наведені порівняльні характеристики розрахункових величин коефіцієнтів зовнішньої дифузії.

Нами використана 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 [7].

Коефіцієнт дифузії полютанта 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 полютанта, см³/моль.

Для порівняння збіжності розрахункових величин пропонується варіант визначення коефіцієнта зовнішньої дифузії 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, $\text{см}^3/\text{моль}$, $V_B = 75,6 \text{ см}^3/\text{моль}$; V_A - мольний об'єм забрудника водного розчину; μ_{AB} - динамічний коефіцієнт в'язкості води, сПз.

Результати розрахункових значень наведені на рис. 1.

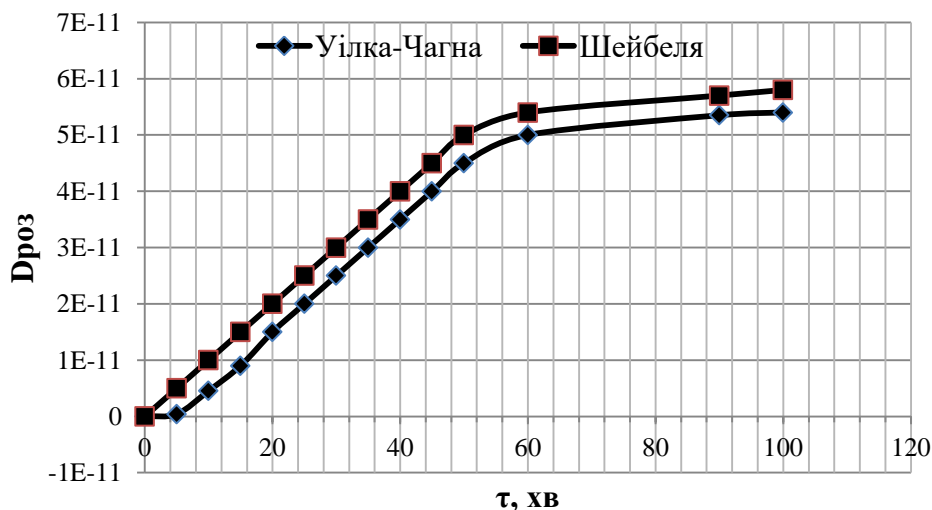


Рис. 1. Залежність розрахункових значень коефіцієнта зовнішньої дифузії від часу адсорбції

Враховуючи незначну розбіжність (3-9%) величини коефіцієнта зовнішньої дифузії можна стверджувати про адекватність отриманих розрахункових значень за двома залежностями, що дає змогу прогнозувати степінь сорбції поллютантів з рідинних середовищ комплексними пористими сорбентами.

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 материалов / 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.