

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



XVIII МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

12-16 жовтня 2020 р.

м. Одеса, Україна

Організатори конференції
Міністерство освіти і науки України
Одеська державна обласна адміністрація
Одеська національна академія харчових технологій
Консалтингова лабораторія ТЕРМА

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров** – голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
Богдан Вікторович
- Бурдо** – вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
Олег Григорович
- Атаманюк** – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Володимир Михайлович
- Васильєв** – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
Леонард Леонідович
- Гавва** – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Олександр Миколайович
- Гумницький** – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
Ярослав Михайлович
- Долинський** – Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
Анатолій Андрійович
- Зав’ялов** – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Владимир Леонідович
- Сукманов** – Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
Валерій Олександрович
- Колтун** – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
Павло Семенович
- Корнієнко** – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
Ярослав Микитович

- Малежик**
Іван Федорович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**
Валерій Михайлович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**
Ігор Павлович – Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович – Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
- Сухий**
Костянтин Михайлович – ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор
- Тасімов**
Юрій Миколайович – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**
Леонід Леонідович – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михаїл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова, ректор
Зам. голови

Б.В. Єгоров
Н.М. Поварова
Б.В. Косой

Зам. голови з
організаційних питань
Відповідальний секретар
Секретар

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська
Н.В. Ружицька

Члени оргкомітету:

О.В. Зиков
І.В. Безбах
І.І. Яровий
Ю.В. Гарібяр

І.В. Сиротюк
Є.О. Пилипенко
В.П. Алі
Я.О. Масельська

О.Ф. Терземан
С.А. Малашевич
В.Ю. Юрлов
О.В. Акімов

Одеська національна академія харчових технологій
вул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039
Тел. 8(048) 712-41-29, 712-41-75
Факс +724-86-88, +722-80-42, +725-47-83
e-mail: terma_onaft@ukr.net
сайт: www.terma.onaft.edu.ua.

**Секція 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА
МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ
ПОЛІМОЛЕКУЛЯРНОЇ АДСОРБЦІЇ ФОСФАТІВ
ПРИРОДНИМ ЦЕОЛІТОМ**

Сабадаш В.В. д-р. техн. наук, доцент,
Гумницький Я.М. д-р техн. наук, професор
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Дана робота присвячена дослідженню закономірностей адсорбційних процесів у системі тверде тіло-рідина. На даний час існує строга класифікація основних процесів і провідну роль відіграють масообмінні процеси. Важливе місце у хімічній технології відводиться сорбційним процесам. До них належать абсорбція, хемосорбція, адсорбція, іонний обмін, які об'єднуються однією загальною назвою «сорбційні процеси». Вони використовуються як складова частина технології, а також з природоохоронною метою. З огляду на те, що в Україні є значні поклади природних сорбентів, все ж залишається актуальною проблема синтезу сорбентів, які мають строгу відповідність щодо адсорбції певної речовини. Актуальним залишається дослідження теоретико-практичних аспектів застосування природних сорбентів. У першу чергу це встановлення їхньої сорбційної здатності та можливості збільшення їх спорідненості до адсорбата, а також збільшення їх сорбційної ємності через їх модифікацію. Вимагають дослідження рівноважних залежностей процеси адсорбції неорганічних та органічних речовин, катіонного та аніонного складу, одночасної сорбції кількох речовин, оскільки більшість технологічних рідин, а також промислових стоків є багатокомпонентними. Розглянуті у роботі процеси відносяться до масообмінних процесів з твердою фазою. Мета роботи полягала у встановленні термодинамічних, статичних, кінетичних та динамічних закономірностей процесу сорбції фосфатів природними цеолітами. В попередніх публікаціях було представлено результати експериментальних досліджень щодо адсорбції фосфатів природним цеолітом Сокирницького родовища. У попередніх публікаціях вказується, що процес адсорбції фосфатів проходить у зовнішньо дифузійній області. Встановлено, що процес адсорбції має ендотермічний характер [8]. Нами було встановлено, що поглинання фосфатів проходить за механізмом хемосорбції

при співосаждення вивільнених за рахунок іонного обміну катіона фосфатної солі на обмінні катіони цеоліту – Ca^{2+} та Mg^{2+} .

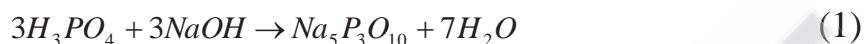
Отже, утворення нерозчинних солей фосфатної кислоти забезпечує ефективне виділення фосфат іону. Проблемою вилучення фосфатів сорбційним методом займається багато дослідників. Результати досліджень стосуються синтезу та модифікації сорбційних матеріалів для забезпечення максимальної спорідненості сорбента до фосфатів. обробленому гідроксидом кальцію для видалення фосфату в потоках фосфору з низькою концентрацією. З цією метою застосовують цеоліти, модифіковані гідроксидом кальцію ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Подібний досліджували на предмет ефективності видалення фосфатів із стічних вод з очисних споруд Хамірпур, Хімачал-Прадеш, Індія. Згідно результатів досліджень, процес адсорбції фосфатів не залежав від рН, що забезпечує використання цього сорбенту разом із звичайними процесами водоочищення. [10]. Часто застосовують гідроксиаратит, кальцити, доломіти. Щодо механізмів адсорбції, то більшість авторів підтримує думку, що має місце механізм хемосорбції з утворенням нерозчинних фосфатів. Попередні наші дослідження показали, що адсорбція розчинів фосфатів з концентрацією понад 200 мг/дм³ супроводжується аномальним збільшенням сорбційної ємності цеоліту, що характерно для полімолекулярної адсорбції [8].

Дослідження адсорбційної ємності цеоліту щодо фосфатів з розчинів ортофосфорної кислоти фотометричним методом згідно відомої методики [6]. Термогравіметричний наліз зразків цеоліту було виконано за допомогою термоаналізатора марки Mettler TGA/SDTA 851e. Щодо статистики адсорбції аніонів, то тут прослідковується багатошарова адсорбція, яка, можливо, в деяких умовах може розглядатися як полімолекулярна адсорбція. Зокрема слід відмітити, що ізотерма адсорбції фосфатів більш підлягає під ізотерму адсорбції Ленгмюра, а виділена окрема вітка для адсорбції фосфатів була інтерпретована ізотермою БЕТ. Ізотерма БЕТ є фактично розширеною версією ізотерми Ленгмюра і справедлива для систем, у яких має місце полімолекулярна адсорбція, або поліконденсація. Графічна інтерпретація експериментальних даних щодо адсорбції ортофосфорної кислоти природним цеолітом ізотермою БЕТ для площі початкових концентрацій до 375 мг / дм³. Параметри рівняння ВЕТ для процесу адсорбції фосфату цеолітом наступні: $1/(\text{amK})=0.0196$; $(\text{K}-1)/(\text{amK})=0.3304$; $\text{K}=0.99352416$; максимальне значення адсорбційної здатності на фосфатах у полімолекулярному шарі $\text{am} = 51,35296$.

Тому нашим завданням було встановити термодинамічну ймовірність полімолекулярної адсорбції ортофосфорної кислоти природним цеолітом.

Результати термогравіметричного аналізу показали на області фазових переходів в діапазоні температур 600-700°C (відповідає температурі плавлення $T_{\text{пл}}=622^\circ\text{C}$ та 380 °C, що входить у температурний діапазон розкладу полімера.

Приймаючи до уваги, що експериментальні дані добре інтерпретуються рівнянням БЕТ (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9771$), можна припустити утворення в об'ємі цеоліту поліфосфатів згідно з рівнянням. 1:



Для підтвердження утворення поліфосфатів в об'ємі сорбенту ми розраховували зміну ізобарно-ізотермічного потенціалу (стандартної енергії Гіббса).

$$\Delta G_0^{298} = \Delta H_0^{298} - T\Delta S_0^{298} \quad \frac{kJ}{mol} \quad (2)$$

де ΔG_0^{298} -, зміна ізобарно-ізотермічного потенціалу кДж / моль; ΔS_0^{298} – зміна ентропії системи, кДж / (моль·К); ΔH_0^{298} - зміна ентальпії, кДж / (моль); Т- абсолютна температура системи, К.

Стан рівноваги досліджуваної термодинамічної системи залежить від співвідношення зміни ентропії та ентальпії. За температури $T = dH / dS$ термодинамічна система буде перебувати у стані рівноваги [2].

Зміну ентропії ми розраховували згідно з таким рівнянням:

$$\Delta S_0^{298} = \sum \Delta S_0^{298} \text{ п.р} - \sum \Delta S_0^{298} \text{ вих}, \quad \frac{kJ}{mol \cdot K} \quad (3)$$

Тепловий ефект процесу розраховували згідно закону Гесса:

$$\Delta H_0^{298} = \sum \Delta H_0^{298} \text{ р} - \sum \Delta H_0^{298} \text{ с}, \quad \frac{kJ}{mol} \quad (4)$$

За стандартних умов ($T = 298 \text{ K}$) зміна енергії Гіббса також залежить від співвідношення ентальпійного та ентропійного факторів [2]. Розрахунок термодинамічних параметрів за цими рівняннями дозволив визначити основні термодинамічні параметри реакції та встановити імовірність спонтанного перебігу процесу. Для реакції (1) за температури $t=298 \text{ }^\circ\text{K}$ ізобарно-ізотермічний потенціал становив $\Delta G=-1202.91$, кДж / моль, зміна ентропії $\Delta S^{298}=0.397$ кДж / (моль К), зміна ентальпії $\Delta H^{298}=-1084.6$ кДж / моль,

Ізобарно-ізотермічний потенціал, тобто зміна стандартної енергії Гіббса досліджуваної термодинамічної системи $\Delta G < 0$. Отже, хімічна реакція (1) в порах цеоліту може відбуватися навіть за нормальних умов. Збільшення температури термодинамічної системи буде збільшувати швидкість прямої реакції. Таким чином, можна стверджувати про утворення поліфосфатів в порах цеолітів під час адсорбції ортофосфорної кислоти.

Аналіз результатів експериментальних досліджень фосфатів природним цеолітом показав, що в процесі адсорбції ортофосфорної кислоти можуть проходити за механізмом полімолекулярної адсорбції. Проведено термогравіметричні дослідження природного та відпрацьованого цеоліту, встановлено області

фазових переходів, що вказують на плавлення та розклад полі фосфатів. Встановлено, що в процесі адсорбції фосфатів цеолітом з розчинів понад 200 мг/дм³ має місце спонтанний процес полі молекулярної адсорбції.

Література

1. Relationship between anion adsorption and physicochemical properties of aluminum oxide / [N. Kawasaki, F. Ogata, K. Takahashi et al.]. // Journal of health science. – 2008. – №54(3). – pp. 324–329.
2. Sabadash V. Thermodynamics of (NH₄⁺) cation adsorption under static conditions / A. Hyvlyud, V. Sabadash, Ya. Gumnitsky, N. Ripak // Chemistry & Chemical Technology. – 2018. – Volume 12, number 2. – pp. 143–146.
3. Shi W. Enhanced phosphate removal by zeolite loaded with Mg–Al–La ternary (hydr) oxides from aqueous solutions: Performance and mechanism/ W. Shi, Y. Fu, W. Jiang, et al. // Chemical Engineering Journal. – 2019. – Т. 357. – pp. 33–44.
4. Sabadash V. Thermodynamics of (NH₄⁺) cation adsorption under static conditions / A. Hyvlyud, V. Sabadash, Ya. Gumnitsky, N. Ripak // Chemistry & Chemical Technology. – 2018. – Volume 12, number 2. – pp. 143–146.
5. Sabadash V. Mechanism of phosphates sorption by zeolites depending on degree of their substitution for potassium ions. / V. Sabadash, A. Hyvlyud, Ya. Gumnitsky // Chemistry & Chemical Technology. – 2016. – Volume 10, number 2. – pp. 235–240.
6. Characterization of chemosynthetic H₃PO₄–Al₂O₃–2SiO₂ geopolymers / Y. He, L. Liu, L. He, X. Cui. // Ceramics International. – 2016. – №42(9). – pp. 10908–10912.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ОСНОВІ КОЛИВАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ

Зав'ялов В.Л., д-р. техн. наук, професор,
Місюра Т.Г., к-т. техн. наук, доцент,
Попова Н.В., к-т. техн. наук, доцент,
Запорожець Ю.В., к-т. техн. наук, доцент,
Чорний В.В., аспірант
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Специфічність умов промислового використання екстракційної апаратури визначає її функції та конструктивні особливості, які різняться за геометричними ознаками, організацією гідродинамічних умов проведення процесу, спосо-

ЗМІСТ

Секція 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

Сабадаш В.В., Гумницький Я.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІКИ ПОЛІМОЛЕКУЛЯРНОЇ АДСОРБЦІЇ ФОСФАТІВ ПРИРОДНИМ ЦЕОЛІТОМ	5
Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г., Попова Н.В., Запорожець Ю.В., Чорний В.В. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ОСНОВІ КОЛИВАЛЬНИХ ЕФЕКТІВ	8
Korinchevska T.V., Mykhailyk V.A.THERMAL DECOMPOSITION OF GRANULATED FUEL FROM MISCANTUS	11
Авдеєва Л.Ю., Макаренко А.А., Господарчук М.В. ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОДЕРЖАННІ ВОДОРОЗЧИННИХ ЕКСТРАКТІВ З МАКУХИ КОНОПЕЛЬ	12
Petrova Zh.O., Kremnov V.O., Korbut N.S., Novikova Yu.P. GRANULATION OF MIXTURES OF OBSOLETE SLUDGE AND PEAT ...	14
Турчина Т.Я., Малецкая К.Д., Авдеєва Л.Ю. ПРОЦЕСИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ	16
Осадчук П. І. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ ДОМШОК ПРИ ОЧИСТЦІ РОСЛИНИХ ОЛІЙ	18
Яровий І. І., Алі В. П. ІНІЦІУВАННЯ МЕХАНОДІFUZІЙНОГО РЕЖИМУ ВОЛОГОВІДВЕДЕННЯ В ПРОЦЕСАХ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	20
Ружицька Н.В., Терземан О.Ф., Акімов О.В. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ФІТОЕКСТРАКТІВ ТА КОНЦЕНТРАТІВ З ЕФІРООЛІЙНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ, ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ТА ПАРФУМЕРНО-КОСМЕТИЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	25

Секція 2

МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМ

Сорокова Н.М., Корінчук Д.М., Сороковий Р.Я. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СУШІННЯ І ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ	26
---	----