

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



ОДЕСА

2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**
Богдан Вікторович - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**
Олег Григорович - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**
Володимир Михайлович – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**
Леонард Леонідович – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**
Олександр Миколайович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**
Ярослав Михайлович – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**
Анатолій Андрійович –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**
Владимир Леонідович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**
Владимир Яковлевич – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**
Павло Семенович – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**
Ярослав Микитович – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- 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 – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**
Петро Гнатович – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний 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
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**
Леонід Михайлович – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михайл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

Література.

1. Дячок В. В. Вивчення впливу температури на кінетику поглинання вуглекислого газу мікроводоростями [Текст] / В. В. Дячок, С. І. Гуглич, О. Б. Левко // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування.- 2015. - № 812. - С. 365-372.
2. Стеценко О. В. Біоорганічна хімія [Текст]/ О. В. Стеценко, Р. П. Виноградова. – К.: Вища школа. 1992. –278 с.
3. Губський Ю. І. Біологічна хімія. [Текст] / Ю. І. Губський.- К.: Нова книга. 2007. – 137 с.
4. Золотарьова О.К. Перспективи використання мікроводоростей у біотехнології [Текст] / О.К. Золотарьова, Є.І. Шнюкова, О.О. Сиваш, Н.Ф. Михайленко. – К.: Альтерпрес, 2008. – 234 с.
5. Кисличенко В.С. Сировинні джерела продуктів біотехнології та їх аналіз : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. [Текст] / В.С. Кисличенко, І.О. Журавель, О.В. Бухаріна та ін. – Х. : НФаУ : Золоті сторінки. 2009. – 304 с.
6. Dyachok, V., The mechanism of extraction from solid bodies cellular structure [Text] / V. Dyachok, I. Ilkiv // Chemistry & chemical technology . - 2013. - Vol. 7, № 1. P. – 23-27.
7. Dyachok V. About the problem of biological processes complicated by mass transfer [Text]/ V. Dyachok, S. Huhlych, Y. Yatchyshyn, Y. Zaporochets, V. Katysheva// Chemistry & chemical technology.- 2017. - Vol. 11, №1. P. 111-116
8. Yang, Y. Effects of CO₂ concentrations on fresh water microalgae Chlamydomonas reinhardtii, Chlorella pyrenoidosa and Scenedesmus obliquus (chlorophyta) [Text] / Y. Yang, K. Gao// Journal of applied Phycology. -2003.-N.00. - P. 1-11.
9. Stepan, D. J. 2.3 carbon dioxide sequestration using microalgae systems [Text] / D. J. Stepan, R. E. Shockey, T. A. Moe, R. I. Dorn // Energy and Environmental Research Center, University of North Dakota. - 2002 - N.1.- P.1-27
10. Miyachi S. Historical perspective on microalgal and cyanobacterial acclimation to low- and extremely high-CO₂ conditions [Text] / S. Miyachi, I. Iwasaki, Y. Shiraiwa // Photosynthesis Research. - 2003. - N.77.- P. 139-153.

УДК 541.04

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МОНТМОРИЛОНІТУ, МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІОНЕНАМИ

Су́ха І.В., канд. техн. наук, доцент, То́міло В.І., канд. техн. наук, доцент,
Бе́ляновська О.А., канд. техн. наук, доцент, Су́хий К.М., д-р техн. наук, професор,
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро

TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF MONTHORYLONITE, MODIFIED POLYONENES

Sukha I.V., PhD, docent, Tomilo V.I., PhD, docent, Belyanovskaya E.A., PhD, docent,
Sukhyi K.M., SciD, professor,
State Higher Education Institution 'Ukrainian State University of Chemical
Engineering', Dnipro, Ukraine

Анотація: Розроблено технологію виробництва монтморилоніту, модифікованого полііоненами. Вивчено вплив технологічних параметрів на процеси модифікації монтморилоніту полімерними четвертинними амонійними солями. Показана кореляція між технологічними параметрами модифікації та складом, властивостями та структурою монтморилоніту. Визначено оптимальні параметри процесів модифікації монтморилоніту полііоненами. Показано, що процес інтеркаляції макромолекул полімерної четвертинної амонієвої солі у міжкристалічний простір монтморилоніту супроводжується збільшенням міжшарових відстаней з 1,08 нм до 1,67 нм. Розроблено методику синтезу модифікованого полііононом монтморилоніту. Встановлено, що оптимальні умови сорбції молекул полііонону монтморилонітом спостерігаються при таких параметрах: концентрація водної дисперсії монтморилоніту – 1%; температура реакційного середовища 40°C; співвідношення монтморилоніт – полііонон 3:1; тривалість процесу – 24 год. За допомогою диференційно-термічного аналізу показано, що вміст полііонону в модифікованому монтморилоніті складає 12%. За допомогою ІЧ-спектроскопії показано,

що щеплення органічних катіонів полііоненів на поверхні монтморилоніту є наслідком закріплення органічних катіонів на обмінних позиціях у процесі іонообмінної адсорбції і адсорбції силанольними групами кислого характеру (розірвані зв'язки на гранях кристалів) органічних катіонів. Встановлено, модифікація монтморилоніту полііоненами приводить до формування більш довшої структури шляхом адсорбції силанольними групами кислого характеру (розірвані зв'язки на гранях кристалів) органічних катіонів.

Abstract: The technology of obtaining of montmorillonite modified by polyionens is developed. The effect of technological parameters of montmorillonite modification processes by polymeric quaternary ammonium compounds is studied. Correlation between modification technological parameters and composition, properties and structure of montmorillonite is shown. Macromolecular polymer intercalation of a quaternary ammonium salt of montmorillonite intercrystalline space is shown to be accompanied with increased interlayer distances 1.08 nm to 1.67 nm. The technique of synthesis of modified montmorillonite by polyionens is designed. Optimal conditions sorption of polyionens molecules with montmorillonite are stated to be the concentration of aqueous dispersion of montmorillonite is 1%, the temperature of the reaction medium is 40 °C, the ratio montmorillonite-polyionene is 3:1, the processing time is 24 hours. Polyionene content is shown by DTA to be 12 % in modified montmorillonite. According to infrared spectral data, connection of polyionenes with montmorillonite surface is shown to result from attaching of organic cations on exchangeable positions during charge-transfer adsorption and adsorption of organic cations with acid silanol groups (neglected bonds on crystal faces). Montmorillonite modification is shown to result in formation of more perfect structure by adsorption of organic cations with acid silanol groups (neglected bonds on crystal faces).

Ключеві слова: модифікація, монтморилоніт, полііонен, ексfolіація.

Keywords: modification, montmorillonite, polyionens, exfoliation.

Глобальні світові тенденції протягом перших десятиріч XXI століття вимагають мініатюризації окремих елементів, що стимулює пошук альтернативних шляхів отримання нанодисперсних матеріалів [1], дизайн яких може бути здійснений тільки за участю кластерів молекул та нанорозмірних часток. Причому перехід від мікро- до нанотехнологій є, вочевидь, якісним, оскільки фізичні параметри, такі як температура плавлення, енергія зв'язку віднесена до одного атому, зміна міжатомних відстаней, іонна або електронна провідність, оптичні та магнітні властивості виявляють немонотонну залежність від розмірів [2,3]. Незалежно від методу модифікації глинистих мінералів, як показали автори [4], спрямоване регулювання колоїдно-хімічних властивостей дисперсних тіл та їх систем передбачає досконале вивчення будови дисперсних фаз, що включає визначення тонких особливостей їх структури, природи, величини й енергетичного стану поверхні; вивчення механізму формування структури і впливу різних факторів на їх структурно-адсорбційні характеристики; з'ясування механізму взаємодії колоїдної фази з визначеним дисперсійним середовищем; з'ясування механізму структуроутворення в дисперсійній системі внаслідок взаємодії часток між собою і з середовищем. Важливе значення для регулювання властивостей дисперсних систем має інтеркаляція іоногенних поверхнево-активних органічних сполук та полімерів у поруваті і шаруваті наноструктури з наступними пост-інтеркаляційними перетвореннями. Такими речовинами є полііонени, які містять в основному ланцюзі четвертинні атоми азоту. Взаємодія полііоненів та глинистих мінералів шаруваті будови викликає глибокі зміни їх хімічної будови, поверхні і пористої структури, і, отже, адсорбційної ємності мінералів по відношенню до вуглеводнів, різко зростає здатність до набрякання і тиксотропного гелеутворення органопохідних у дисперсійних середовищах різної полярності. Так, заміна обмінних катіонів глинистих мінералів органічними супроводжується розсушенням кристалічних решіток вздовж z-вісі й активацією їх внутрішньої поверхні [5], що сприяє утворенню сильно розвинутої мікропористої структури, яка доступна для адсорбції молекул різних вуглеводнів і інертних газів. Селективність сорбенту по відношенню до визначених речовин визначається діаметром пор, який залежить від розміру впровадженого катіона.

Поряд з цим спостерігається також зменшення енергетичної неоднорідності поверхні мінералу в результаті модифікації, що сприяє зростанню селективності. Це супроводжується істотними змінами гідрофільних властивостей поверхні дисперсних мінералів, а також різкому збільшенню спорідненості молекулярних властивостей поверхні стосовно органічних середовищ різної полярності, що підтверджується збільшенням адсорбції деяких вуглеводнів [5], поліпшенням змочування і диспергування, а також виділенням теплоти в результаті міжфазної сольватаційної взаємодії з молекулами розчинника. Отже, одержання полімерних композитів з використанням наноматеріалів вимагає створення певних енергетичних умов для поділу наночасток із наступним їх рівномірним розподілом за рахунок вибору відповідних оптимальних співвідношень між параметрами режимів роботи й конструктивним виконанням робочих елементів переробного устаткування.

Мета представленої роботи – розробка технології отримання монтморилонітів, модифікованих полііоненами. Для досягнення поставленої мети поставлені наступні задачі:

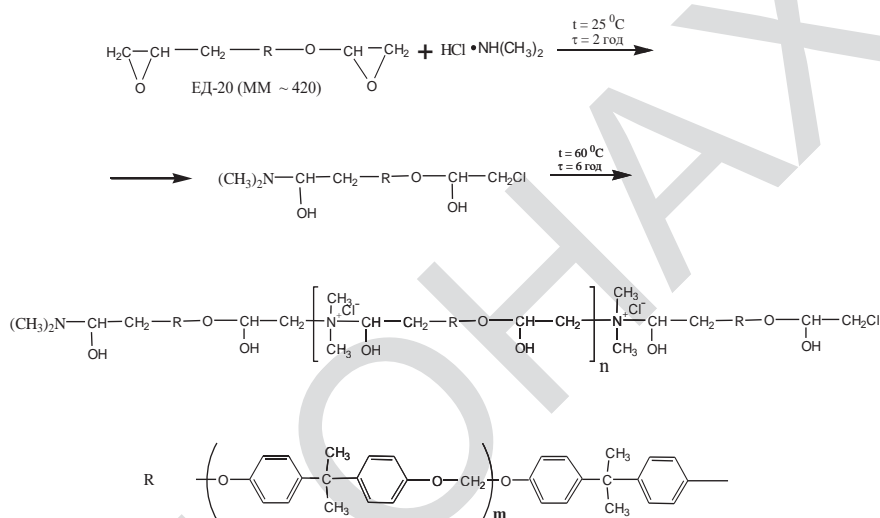
- вивчити вплив технологічних параметрів на процеси модифікації монтморилоніту полімерними четвертинними амонійними солями;
- визначити кореляції між технологічними параметрами модифікації та складом, властивостями та структурою монтморилоніту;
- визначити оптимальні параметри процесів модифікації монтморилоніту полііонами.

Експериментальна частина

У роботі вивчали монтморилоніт, отриманий з бентоніту марки БР (ТОВ "Дашуківські бентоніти", Черкаське родовище, Україна). Бентоніт – сірий порошок, вміст фракції монтморилоніту складає близько 85%.

Синтез полііонену на основі епоксидної діанової смоли ЕД-20 проводили за відомою методикою:

- при еквімолекулярному співвідношенні змішували 10 % розчин ЕД-20 в ізопропіловому спирті з 10 % розчином диметиламіногідрохлориду в ізопропіловому спирті. Реакційну суміш при постійному перемішуванні витримували при температурі 25 °С 2 години;
 - синтезували полііонен за реакцією поліпрієднання з отриманого хлораміна. Реакційну суміш при постійному перемішуванні витримували при температурі 60 °С 6 годин.
- Полііонен синтезували за наступною схемою:



Синтезований полііонен являв собою твердий осад біло-жовтого кольору. Для видалення залишків розчинника полііонен витримували в сушильній шафі при температурі 60 °С протягом 6 годин. Молекулярна маса полііонену, яка визначена титруванням кінцевих груп, складає 4500.

Модифікація поверхні ламенів монтморилоніту включає такі стадії: "відмулювання", активацію поверхні ламенів і модифікацію полііонену. "Відмулювання" проводили з метою виділення фракції монтморилоніту з бентоніту, активацію поверхні ламенів – з метою перетворення Ca²⁺-монтморилоніту в Na⁺-монтморилоніт шляхом заміни обмінних катіонів міжшарового простору монтморилоніту, так як катіонна активність Na⁺-монтморилоніт на порядок вища катіонної активності Ca²⁺-монтморилоніту і Mg²⁺-монтморилоніту, що забезпечить підвищену ефективність реакції обміну Na⁺ на N⁺(R₃). Модифікація монтморилоніту полііоненом полягала в заміні обмінного катіону Na⁺ на катіон полііонену.

Модифікований монтморилоніт синтезували за такою методикою:

- відмулювання монтморилонітової фракції;
- готували 1 % водну дисперсію бентоніту;
- дисперсію відстоювали 1 годину, відокремлювали суспензію монтморилоніту;
- виділяли осадок, висушували;
- готували 1% суспензію монтморилоніту, відстоювали 1 годину, зливали високодисперсну фракцію;
- змішували з водою в співвідношенні 1:100, відстоювали 1 годину, зливали високодисперсну фракцію, операцію відмулювання (виділення високодисперсної (монтморилонітової) фракції бентоніта) повторювали 3-4 рази;

- активація проводилась шляхом додавання 5% водний розчин Na_2CO_3 до 1% водної дисперсії монтморилоніту та протягом 15 хвилин витримання при температурі 80-85 °С.

Отримання монтморилоніту з модифікованою поверхнею ламенів проводили за методикою: в 1% водну дисперсію активованого монтморилоніту при інтенсивному перемішуванні додавали 15 % водний розчин полііонену. Суміш при постійному перемішуванні витримували при температурі 40 °С протягом 24 годин при постійному перемішуванні. Тверду фазу відділяли на центрифугі і сушили в умовах вакууму при температурі 60 °С до постійної маси. Сухий залишок подрібнювали, просіювали через сито № 250 і додатково сушили в сушильній шафі при 80 °С.

Результати та їх обговорення

З метою знаходження оптимальних параметрів процесу модифікації монтморилоніту було вивчено вплив температури та співвідношення компонентів на кінетику процесу осадження полііонену на поверхні кристалічних шарів (ламенів).

На рис. 1 наведено кінетичні криві процесу осадження полііоненів при різних температурах. Як видно з наведених даних усі кінетичні криві мають S – подібний характер. Швидкість осадження полііоненів зростає при підвищенні температури, при температурі 40 °С досягає максимального значення (рис. 2).

Таким чином, в результаті проведених досліджень виявлено, що процес модифікації монтморилоніту синтезованою полімерною четвертичною амонієвою сіллю доцільно проводити при температурі 40 °С.

Також було вивчено вплив співвідношення монтморилоніту та полііонену в водній дисперсії на ефект модифікації – вміст полііонену в модифікованому монтморилоніті. Як видно з наведених даних співвідношення компонентів в реакційному середовищі суттєво впливає на швидкість процесу модифікації та його ефективність – кількість осадженого полііонену (рис. 3, 4). Згідно з наведеною на рис. 4 кореляційною залежністю між співвідношенням полііонен /монтморилоніт у водній дисперсії та співвідношенням полііонен/монтморилоніт у модифікованому монтморилоніті при вмісті полііонену 20% різко зростає кількість полііонену на поверхні ламенів монтморилоніту, що можна пояснити утворенням асоціатів при концентрації полііонену 20%.

Таким чином, оптимальним є режим модифікації монтморилоніту полііоненом при температурі 40 °С (рис.1, 2) тривалістю 24 години (рис.1), при співвідношенні монтморилоніт/ полііонену у водній дисперсії 3:1 (рис.3,4).

Ступінь впорядкованості структури монтморилоніту, періодичність у розташуванні кристалічних шарів (ламенів) монтморилоніту та відстань між кристалічними шарами монтморилоніту оцінені за допомогою рентгенівського розсіювання. На рис. 5 надано ширококутові рентгенограми дослідженого монтморилоніту. Немодифікований монтморилоніт має невеликий дифузійний пік в області $2\theta = 8,6^{\circ}$, що формально відповідає відстані між кристалічними шарами $d = 1,03$ нм. У випадку монтморилоніту, модифікованого полііоненом, відбувається зміщення піка в область малих кутів $2\theta = 5,8^{\circ}$.

Заміна міжшарових обмінних катіонів на полімерні катіони полііонену супроводжується збільшенням відстані між кристалічними шарами до 1,67 нм. При цьому змінюється не тільки положення ширококутового максимуму, але і форма цього максимуму (інтенсивність та напівширина), яка безпосередньо пов'язана зі ступенем досконалості макрорешітки (паракристалічною впорядкованістю). Збільшення міжплощинної відстані в монтморилоніті при модифікації полііоненом свідчить про впровадження фрагментів макромолекул модифікуючої добавки в міжшаровий простір монтморилоніту. Тобто відбувається заміна міжшарових металкатіонів на катіони полііонену, що призводить до послаблення дії міжшарового зв'язку.

Методом диференційно-термічного аналізу вивчені синтезовані органомонтморилоніти. Для термограм вихідного монтморилоніту характерен подвійний термічний ендоефект при 130 °С і 200 °С, які відповідають втраті адсорбованої води, і ендоефект при 540 °С, який пов'язаний з дегідроксилізацією мінералу (рис. 6).

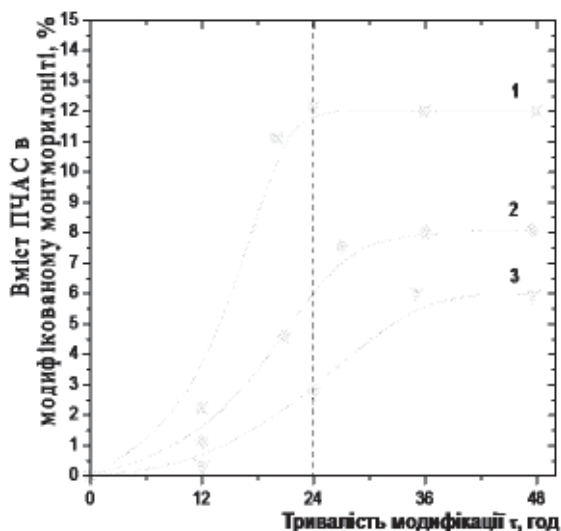


Рис. 1. Кінетичні криві процесу модифікації монтморилоніту (при співвідношенні монтморилоніт/ полііонен – 3:1) для різних температур (t, °C): 1 – 40,60; 2 – 30; 3 – 20

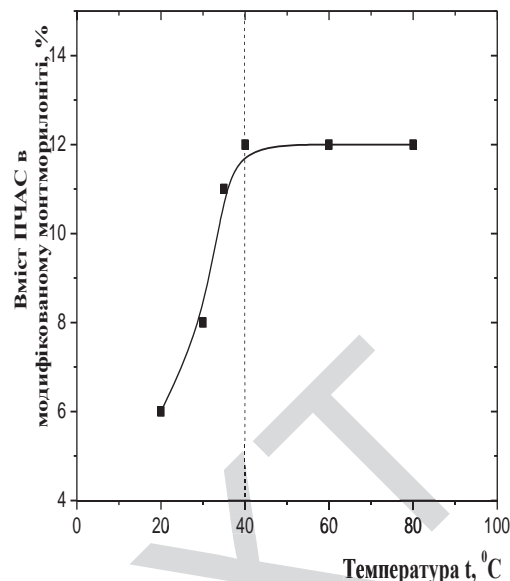


Рис. 2. Температурна залежність вмісту полііонену в модифікованому монтморилоніті (τ = 24 год; співвідношення монтморилоніт/ полііонен 3:1)

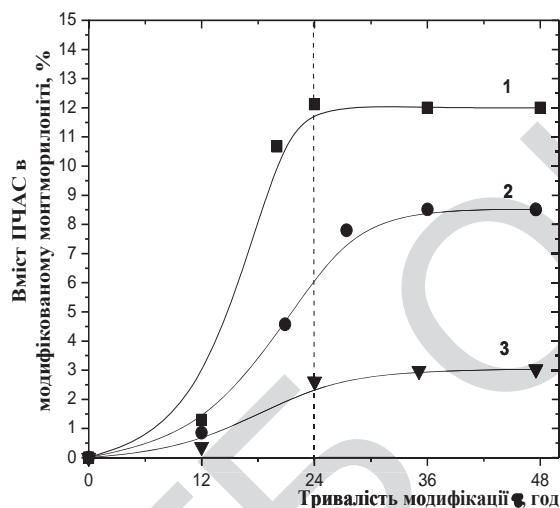


Рис. 3. Кінетичні криві процесу модифікації монтморилоніту (t = 40 °C) при різному співвідношенні монтморилоніт/ полііонен: 1 – 3:1; 2 - 5:1; 3 – 10:1

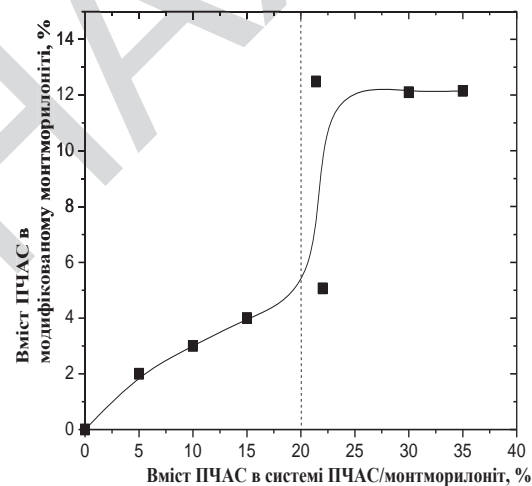


Рис. 4. Кореляційна залежність (τ = 24 год; t = 40 °C) вмісту полііонену в модифікованому монтморилоніті від співвідношення монтморилоніт/ полііонен

На кривій модифікованого монтморилоніту при температурі 250 °C спостерігається екзотермічний пік, який відповідає розкладанню полііонену. З порівняння відповідних екзотерм, а також кривих втрати маси (рис. 7) визначено вміст полііонену в монтморилоніті, який складає 12%.

Для визначення стану адсорбенту й адсорбата були проведені ІЧ-спектроскопічні дослідження монтморилоніту, модифікованого полііоненом. При зіставленні спектрів вихідного й модифікованого монтморилоніту можна відзначити, що в спектрах модифікованого монтморилоніту з'являється ряд нових смуг, характерних для полііонену.

Так, дві смуги в спектрах модифікованого монтморилоніту при 2930 й 2850 cm^{-1} відповідають валентним коливанням зв'язку N-C. Нові смуги в області 1380 й 1480 cm^{-1} відповідають коливанням відповідно CH_2 і CH_3 -груп, пов'язаних із четвертинними атомами азоту. В області валентних коливань структурних гідроксильних груп (смуги 3690, 3670, 3620 cm^{-1}) змін не відбулося. Однак, цікава ситуація спостерігається в області валентних коливань Si-O.

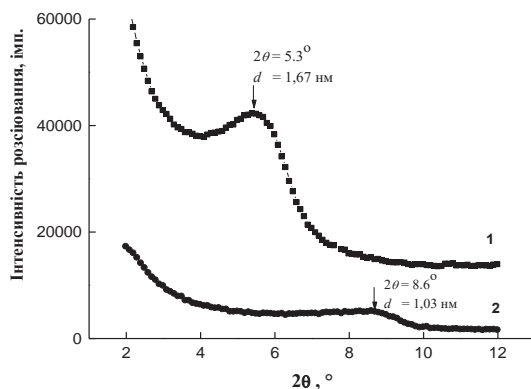


Рис. 5. Дифрактограми (ширококутове розсіювання рентгенівських променів) модифікованого полііононом монтморилоніту (1) та немодифікованого (2).

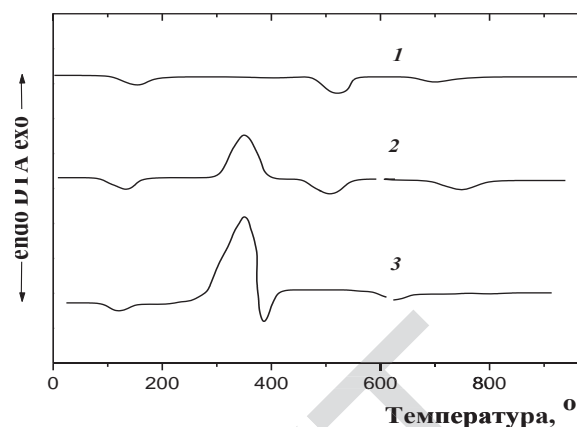


Рис. 6. Термограми монтморилоніту (1), модифікованого полііононом монтморилоніту (2) і полііонону (3).

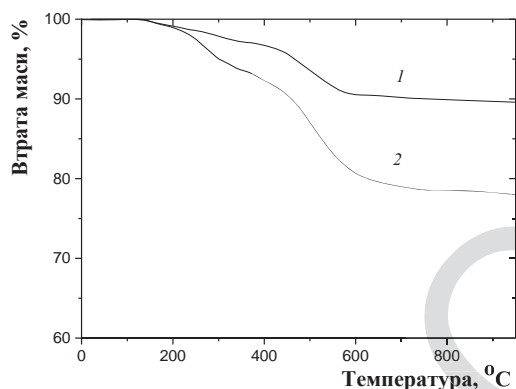


Рис. 7. Криві втрати маси монтморилоніту (1) і модифікованого полііононом монтморилоніту (2).

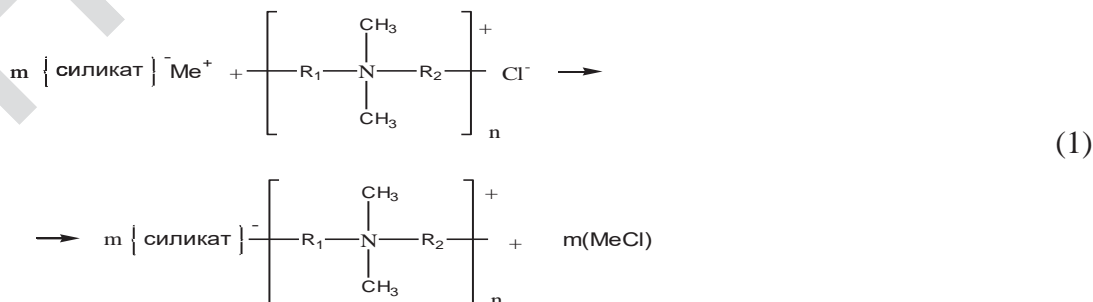
Смуга 1120 см^{-1} , що відповідає валентним коливанням Si-O з перпендикулярною зміною дипольного моменту щодо площини пакетів [6, 7], не перетерплює змін при переході від вихідного до модифікованого монтморилоніту, а смуга при 970 см^{-1} у вихідному монтморилоніті з переходом до модифікованого роздвоюється двома смугами 1030 й 1010 см^{-1} , які відповідають валентним коливанням зв'язку Si-O з паралельною зміною дипольного моменту щодо площини пакетів.

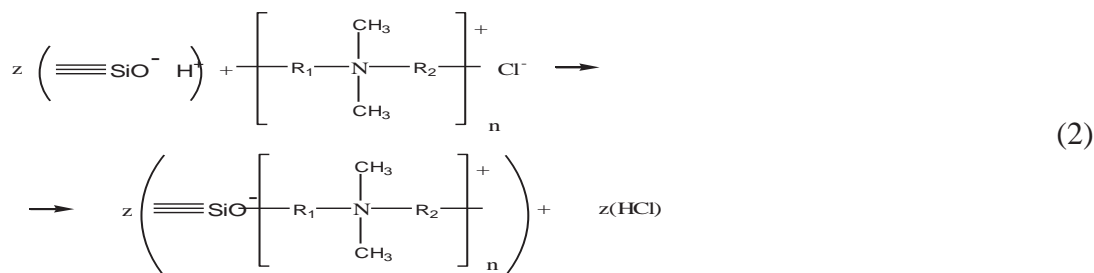
Оскільки октаедричні й тетраедричні шари монтморилоніту мають загальну сітку кисневих атомів [8], то природа катіонів безсумнівно впливає на положення смуг валентних Si-O-коливань. У роботах [6-8] відзначається, що зі збільшенням дефектності кристалічної структури монтморилоніту, що проявляється в наявності розірваних зв'язків на гранях кристалів і дефектів в октаедричних сітках, смуги Si-O-коливань з дипольною зміною паралельно площині шарів стає більш дифузійною й зміщується у бік низьких частот. Тобто модифікація приводить до формування більш довершеної структури мінералів.

На підставі аналізу природи взаємодії амінів з поверхнею глинистих мінералів, автори [9] припустили, що при адсорбції амінів між кислотними OH-групами поверхні й атомами азоту амінів утворюється водневий зв'язок.

Зрозуміло, що було б й у нашому випадку припустити існування подібного роду взаємодій, однак, відомо [9], що четвертинний атом азоту не здатний до утворення водневого зв'язку через відсутність у нього неподіленої пари електронів.

Зрозуміло, що було б й у нашому випадку припустити існування подібного роду взаємодій, однак, відомо [9], що четвертинний атом азоту не здатний до утворення водневого зв'язку через відсутність у нього неподіленої пари електронів.





У такому випадку, виявлена нами причина щеплення органічних катіонів полііоненів на поверхні монтморилоніту обумовлена закріпленням органічних катіонів на обмінних позиціях у процесі іонообмінної адсорбції (1) і адсорбції силанольними групами кислого характеру (розірвані зв'язки на гранях кристалів) органічних катіонів (2). Таким чином, можна припустити, що модифікація монтморилоніту полііоненами приводить до формування більш довшої структури шляхом адсорбції силанольними групами кислого характеру (розірвані зв'язки на гранях кристалів) органічних катіонів (2):

Порівняння смуг 770 й 730 cm^{-1} для вихідного й модифікованого монтморилоніту також свідчить на користь даного висновку. Так, автори [9, 10] відносять ці смуги до деформаційних коливань гідроксильних груп решітки з дипольною поляризацією перпендикулярно площини шарів. Для модифікованого монтморилоніту ці смуги набагато меншої інтенсивності, чим для вихідного монтморилоніту й практично рівні по абсолютній інтенсивності. Це свідчить про те, що в модифікованому монтморилоніті більша частина гідроксильних груп решітки прореагувала за схемою (2).

Висновки

Згідно результатам дослідження впливу технологічних параметрів на процеси модифікації монтморилоніту полімерними четвертинними амонійними солями, встановлена кореляція між технологічними параметрами модифікації та складом, властивостями та структурою монтморилоніту. Визначено оптимальні параметри процесів модифікації монтморилоніту полііоненами: концентрація водної дисперсії монтморилоніту – 1%; температура реакційного середовища 40 $^{\circ}\text{C}$; співвідношення монтморилоніт – полііонен 3:1; тривалість процесу – 24 год. Вміст полііонену в монтморилоніті, синтезованому за запропонованою технологією дорівнює 12 %. Встановлено, що щеплення органічних катіонів полііоненів на поверхні монтморилоніту є наслідком закріплення органічних катіонів на обмінних позиціях у процесі іонообмінної адсорбції і адсорбції силанольними групами кислого характеру (розірвані зв'язки на гранях кристалів) органічних катіонів.

Список літератури

1. Wilde G. *Nanostructured Materials*. Elsevier, 384 p.
2. Nicolais L., Carotenuto G. *Metal-Polymer Nanocomposites*. John Wiley & Sons, 336 p.
3. Koo J. *Polymer Nanocomposites : Processing, Characterization, And Applications: Processing, Characterization, And Applications*. McGraw Hill Professional, 272 p.
4. Овчаренко Ф.Д., Вдовенко Н. В. Влияние природы поверхностно-активных веществ на свойства дисперсных минералов // Физико-химические основы применения поверхностно-активных веществ. – Ташкент: Фан, 1977. – С. 35–43.
5. Васильев Н. Г. Ионообменные центры слоистых силикатов и их количественное определение / Васильев Н. Г., Головки Л. В., Овчаренко Ф. Д. // Укр. хим. журн. – 1976. – Т. 42. – Вып. 11. – С. 1206–1208.
6. Тарасевич Ю. И., Радул Н. М., Овчаренко Ф. Д. Исследование адсорбции n-пропилового спирта на монтморилоните методом инфракрасной спектроскопии // Колл. журн. – 1968. – Т. 30. – С. 137–143.
7. Тарасевич Ю. И., Овчаренко Ф. Д. Инфракрасные спектры каолинита // Колл. журн. – 1969. – Т. 31. – № 5. – С. 753–758.
8. Филимонов В. Н., Теренин А. Н. Проявление в инфракрасном спектре взаимодействия адсорбированных органических молекул с кислотными центрами поверхности силикагеля и алюмосиликагеля // Докл. АН СССР. Сер. Физ. химия. – 1956. – № 109. – С. 982–995.
9. Катионный обмен бентонита / Николов И.Х., Потапов Е.Э., Тугорский И. А., Младенов И.Т. // Химия и индустрия. – 1978. – №50. – 345с.
10. Synthesis, structure and mechanical properties of nanocomposites based on organoclay and polymeric matrix different nature / Burmistr M.V., Ovcharov V.I., Shilov V.V., Sukhyu K.M., Gomza Yu. P., Grischenko V.K., Ovcharenko V.G. // Technomer 03. 18. Fachtagung uber Verarbeitung und Anwendung von Polymeren. – Chemnitz. – 2003. – Band 2. – P 65-71.

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРАНАТОВОГО СОКА В УСТАНОВКЕ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	101
Стоянова А.М., Драгни Е.И., Терземан Е.Ф.	
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ СИСТЕМ С УТИЛИТНЫМИ ПУТЯМИ	
Ульев Л.М., Маатук А.	106
ПРОЕКТ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОРПУСА ОНАПТ	
Перетяка С. Н., Козинец А. Ю., Бандура Д. А.	111
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОНАСОСНОГО СУШІННЯ	
Дабіжа Н.О.	115
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ДЛЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ	
Чаласєв Д.М., Шматок О.І., Грабова Т.Л., Сильнягіна Н.Б.	121

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ПОГЛИНАННЯ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ІЗ СУМІШІ ПОВІТРЯ З ДІОКСИДОМ СУЛЬФУРУ	
Дячок В. В., Гуглич С. І., Катишева В. В., Мандрик С. Т.	126
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МОНТМОРИЛОНІТУ, МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІОНЕНАМИ	
Суха І.В., Томіло В.І., Белянєвська О.А., Сухий К.М.	131
ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА З РІДКИМ РЕАГЕНТОМ	
Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Симак Д.М., Данилюк О.М.	138
АДСОРБЦІЙНО-ДИФУЗІЙНІ ПРОЦЕСИ У СТАТИЧНОМУ ШАРІ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ В СТАЦІОНАРНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ УМОВАХ	
Сабадаш В.В., Гумницький Я.М.	143
ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА НЕЕНЕРГОСМНИХ КОНЦЕНТРАТИВ ФІТОПРЕПАРАТИВ	
Бурдо А.К., Альхурі Юсеф, Ананійчук Е.Ю., Велічко В.П.	148
РОЛЬ НАДЛИШКОВОГО МАРГАНЦЮ В ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРНОГО КОМПЗИТУ НА ОСНОВІ МАНГАНІТУ І СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІУ	
Акимов Г.Я., Новохацька А.О.	153
ЗАХИСНІ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННИХ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ВНУТРІШНІМ ШАРОМ	
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	157
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	
Рябик П.В., Опарин С.А., Гриднева Т.В.	161
ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА	
Евлаш В.В., Потапов В.А. Никитин С.В.	164
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	
Тришин Ф.А., Трач А.Р., Орловская Ю. В.	168
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКОЙ ВОДЫ В АППАРАТАХ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	
Тришин Ф.А., Масельская Я.А.	174
ОЦІНЮВАННЯ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	
Журавська Н. Е.	179