

# ФІЗИКО ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМОЧУТЛИВИХ ГІДРОГЕЛІВ НА ОСНОВІ МОНТМОРИЛОНІТУ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Сірик О.О.<sup>1,2</sup>, Керносенко Л.О.<sup>1</sup>, Посмурцева Н.О.<sup>1</sup>, Полторацька Т.П.<sup>1</sup>,  
Воротицький П.В.<sup>1</sup>, Самченко Ю.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України, Київ, [kernosenko@ukr.net](mailto:kernosenko@ukr.net)

<sup>2</sup>Інститут агрофізики ПАН, Люблін

Майже всі відомі гідрогелі сільськогосподарського призначення досліджуються вже понад 60 років і їх застосування в різних агротехнологіях широко описано в літературі [1]. Переважно гідрогелі використовують для збільшення водоутримання та пролонгації вивільнення мінеральних добрив і пестицидів. Для покращення властивостей гідрогелевих матеріалів дослідники використовують такі методи, як формування взаємопроникних сіток з двох різних полімерів, змішування з неорганічними наповнювачами, зокрема монтморилонітом (ММТ), який за певних умов здатний розшаровуватися на окремі пластинки товщиною близько 1 нм з діаметром 20-250 нм. Модифіковані ММТ завдяки біосумісності, високій дисперсності, анізотропії, покращеним реологічним та фізико-хімічними властивостями характеризується значно швидшим фазовим переходом, який може бути ініційований зовнішніми малоінвазивними чинниками, насамперед величиною рН та температури оточуючого середовища.

Дана робота присвячена розробці фізичних методів зшивання гідрогелів для агротехнічних потреб з використанням ММТ та характеристизації їх фізико-хімічних параметрів.

Хімічно зшиті термочутливі гідрогелі на основі акриламід (АА) та полі(N-ізопропілакриламід) НПА були синтезовані радикальною полімеризацією водних розчинів мономерів при 10 °С з використанням зшивання біфункціональним мономером N,N'-метилен-біс-акриламідом (МБА). Для ініціювання полімеризації використовували редокс-систему на основі тетраметілетилендіаміна (ТЕМЕД). Полімеризацію АА проводили аналогічно, але за вищої температури (60 °С) і з використанням персульфату амонію (ПСА) якості термоініціатора. Процес промивання від непрореагувавших мономерів контролювали за допомогою УФ-спектрометра (SPECORD M40, CarlZeiss).

Синтез фізично зшитих гідрогелів проводили аналогічним методом з використанням монтморилоніту (ММТ) замість МБА в якості зшиваючого агента.

ІЧ-аналіз проводили на ІЧ-Фур'є спектрофотометрі IRAffinity-1S (Shimadzu, Японія) з використанням методу ослабленого повного відбиття в спектральному діапазоні 400-4000 см<sup>-1</sup> з роздільною здатністю 2 см<sup>-1</sup>. Ступінь набухання гідрогелів (Q) за різних температур визначали ваговим методом за формулою:  $Q = (m_{sw} - m_{dry}) / m_{dry}$ , де  $m_{sw}$ ,  $m_{dry}$  – маси набухлого гідрогелю (маса гідрогелю після 24-годинного осадження в дистильованій воді) та сухого ксерогелю відповідно.

В спектрах поліакриламідного гідрогелю, фізично зшитого ММТ, найбільшу інтенсивність мають смуги амід I (1647 см<sup>-1</sup>) та амід II (1610 см<sup>-1</sup>) акриламід (Рис. 1). Смуги в діапазоні 3000-3500 см<sup>-1</sup> відповідають симетричним та асиметричним коливанням аміногруп (νNH). Смуга, яка відповідає валентним коливанням зв'язку Si-O.

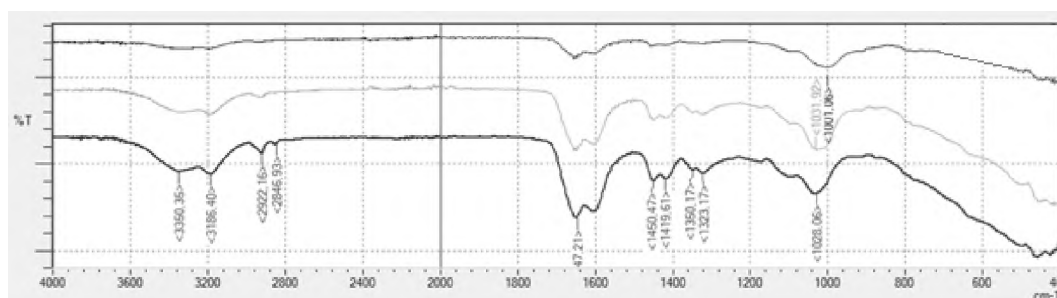
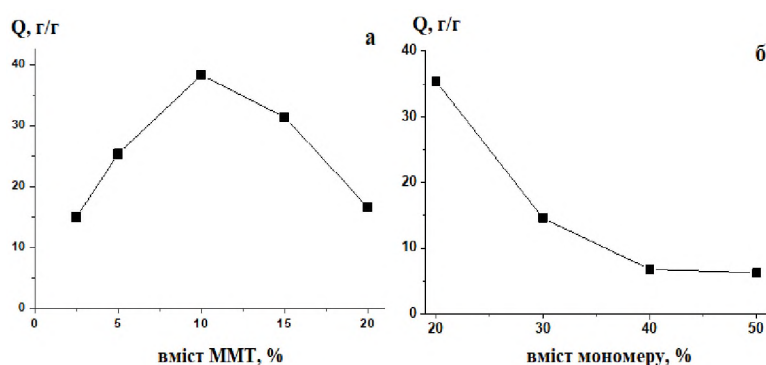
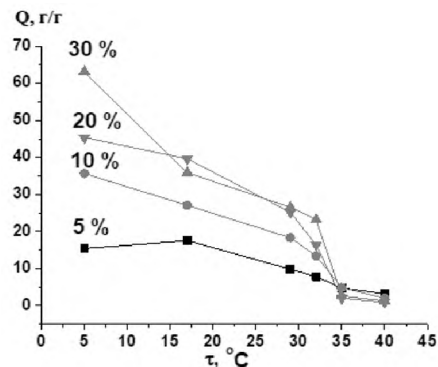


Рис.1 FTIR ПАА гідрогелів, фізично зшитих ММТ (вміст ММТ, % : 15<17 <19)

Вивчено вплив вмісту ММТ та мономеру на ступінь набухання гідрогелів АА-ММТ, який досягає максимуму при 10 % масовому вмісті ММТ в реакційній суміші (рис. 2а). Показано, що за низького вмісту ММТ ступінь зшивання є надто низькою для формування тривимірної структури. У цьому випадку може утворитися водорозчинний гель з поганими властивостями міцності та поглинання. Подальше збільшення кількості ММТ збільшує ступінь зшивання, що призводить до зниження поглинальної здатності гідрогелів.



**Рис. 2** Ступінь набухання гідрогелів АА-ММТ від вмісту ММТ (а) та АА (б)



**Рис. 3** Набухання гідрогелів НПА-ММТ з різною часткою мономеру залежно від температури

Варіювання вмісту мономеру при фіксованій кількості ММТ показало, що ступінь набухання гідрогелів зменшується зі збільшенням вмісту мономеру в реакційній суміші (рис. 2б). З підвищенням температури ступінь набухання термочутливих гідрогелів знижується незалежно від частки мономеру (рис.3). Ступінь набухання гідрогелів НПА-ММТ зростає з ростом вмісту мономеру, для всіх гідрогелів спостерігається зсув фазового переходу на 2-3 °С у порівнянні з хімічно-зшитими гелями [2].

Таким чином, завдяки сумісному використанню гідрогелів та монтморилоніту при його варіюванні в необхідній кількості може бути досягнутий їх синергетичний вплив на водопоглинання, водоутримання та керування вивільнення мінеральних добрив і пестицидів в процесі фазових переходів гідрогелів; а також зменшення забруднення оточуючого середовища за рахунок відмови від використання токсичного хімічного зшиваючого агента метилен-біс-акриламід [3].

1. Lh. Yahia History and Applications of Hydrogels // Journal of Biomedical Sciences. – 2015. – 4, № 2. –P. 1–28.
2. Goncharuk O., Samchenko Y., Sternik D., Kernosenko L., Poltorats'ka T., Pasmurtseva N., Abramov M., Pakhlov E., Derylo-Marczewska A. Thermosensitive hydrogel nanocomposites with magnetic laponite nanoparticles // Appl Nanosci.– 2020. – 10. – P. 4559–4569.
3. Gertsyuk M., Samchenko Y. Separation of nonreacted acrylamide from polyacrylamide gel for endoprothesing // Ars Separatoria Acta. – 2007, № 5. – P.99–102.