

О. М. Гриценко<sup>1</sup>, О. В. Суберляк<sup>1</sup>, Б. В. Бережний<sup>1</sup>, П. П. Волошкевич<sup>2</sup>

Національний університет “Львівська політехніка”,

<sup>1</sup> кафедра хімічної технології переробки пластмас,

<sup>2</sup> кафедра нарисної геометрії та інженерної графіки

ogryts@gmail.com

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НІКЕЛЬНАПОВНЕНИХ КОПОЛІМЕРІВ ПОЛІВІНІЛПІРОЛІДОНУ ТА ГІДРОГЕЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЇХ ОСНОВІ

<https://doi.org/10.23939/ctas2021.01.213>

Досліджено властивості нікельнаповнених кополімерів полівінілпіролідону з 2-гідроксіетилметакрилатом та гідрогелевих матеріалів на їх основі, одержаних методом полімеризації з одночасним відновленням йонів металу. Встановлено вплив складу полімер-мономерної композиції, вмісту металу-наповнювача та умов проведення реакції відновлення йонів  $Ni^{2+}$  на фізико-механічні, сорбційні, електричні та магнітні характеристики отриманих матеріалів. Доведено, що частинки  $Ni(0)$  в структурі композитів на основі кополімерів полівінілпіролідону з 2-гідроксіетилметакрилатом проявляють каталітичну активність, зокрема, у процесі гідролізу борогідриду натрію.

**Ключові слова:** нікель; полівінілпіролідон; 2-гідроксіетилметакрилат; кополімер; гідрогелі; нікельнаповнені гідрогелі.

### Вступ

Велика зацікавленість металонаповненими полімерами і поширення їх у різних галузях науки та практики зумовлені синергетичними ефектами властивостей полімерної матриці та металу-наповнювача [1–3]. На особливу увагу заслуговують металонаповнені матеріали на основі полімерних гідрогелів [4–6]. Введення до структури гідрогелів частинок металів відкриває додаткові можливості для надання їм нових специфічних властивостей, наприклад, бактерицидних, антифунгальних, флуоресцентних, оптичних, каталітичних, електричних, магнітних і, відповідно, розширення галузей використання [7]. Тому синтез та дослідження металонаповнених гідрогелів сьогодні цікавлять багатьох дослідників.

Завдяки своїм електричним, магнітним та каталітичним властивостям, у поєднанні із сорбційною здатністю для розчинників та низькомолекулярних речовин, поширення набувають композиційні гідрогелі, наповнені (нано)частинками нікелю [8–11]. Нікельнаповнені полімерні гідрогелі переважно одержують полімеризаційним наповненням [12, 13], хімічним відновленням

йонів  $Ni^{2+}$  у сітці полімерної матриці [10, 14] та полімеризацією із одночасним осадженням частинок нікелю [8, 9]. Найперспективнішими є методи, під час яких полімерна матриця формується у присутності активних частинок металу-наповнювача, а також методи, за якими отримання частинок  $Ni(0)$  відбувається у полімерній матриці або в присутності водорозчинних полімерів, що забезпечує одержання частинок нанорозміру, не забруднених продуктами окиснення, з активною поверхнею. На особливу увагу заслуговує метод полімеризації з одночасним осадженням частинок металу [8, 9]. З використанням цього методу доведено можливість синтезу  $Ni(0)$ -наповнених композиційних гідрогелів на основі прищеплених кополімерів полівінілпіролідону (ПВП) з 2-гідроксіетилметакрилатом (ГЕМА) (ПВП-пр-пГЕМА). У такому разі під час здійснення одночасно різних за природою хімічних процесів проявляється взаємний вплив на закономірності формування та структуру як полімерної матриці, так і частинок металу-наповнювача, що, своєю чергою, визначає структуру композиту загалом, а отже, і його властивості.

### Мета дослідження

Мета роботи – дослідити властивості нікельнаповнених кополімерів ПВП з ГЕМА (Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА), одержаних методом полімеризації із одночасним відновленням іонів Ni<sup>2+</sup>.

### Матеріали і методи досліджень

Використовували: 2-гідроксietилметакрилат (Sigma Chemical Co), очищений та перегнаний у вакуумі (залишковий тиск 130 Н/м<sup>2</sup>,  $T_{\text{кип.}} = 351$  К); полівінілпіролідон (AppliChem GmbH) з ММ 12000 перед використанням сушили за 338 К у вакуумі 2 год; пероксид бензоїлу (ПБ), очищений перекристалізацією з етанолу, неорганічні солі (NiSO<sub>4</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>, AgNO<sub>3</sub>) – марок ч.д.а. Одержання композиційних металонаповнених кополімерів ПВП з ГЕМА та гідрогелевих матеріалів на їх основі здійснювали за методикою, описаною у [15].

Водовміст (W, % мас.) досліджували ваговим методом за різницею маси сухого та набряклого зразків [16]. Деформаційно-пружні характеристики: число твердості (H, МПа) та число пружності (E, %) визначали на твердомірі ТШР-320 вимірюванням різниці між глибиною занурення індентора в набряклий зразок під дією та після зняття навантаження [16]. Поверхневу твердість (F, МПа) зразків композитів у сухому стані оцінювали за кінчною точкою текучості, яку визначали на консистометрі Хеплера за глибиною проникнення у зразок сталевого конуса [16]. Електропровідні характеристики композитів оцінювали за питомим об'ємним опором ( $\rho_v$ , Ом·м) [17], магнітні характеристики – питому намагніченість насичення ( $\sigma$ , А·м<sup>2</sup>·кг<sup>-1</sup>) та коерцитивну

силу (H, кА·м<sup>-1</sup>) досліджували за допомогою магнітометра з вібруючим зразком [18].

### Результати досліджень та їх обговорення

Полімерні гідрогелі відрізняються від інших матеріалів обмеженим набряканням у воді та водних розчинах різних речовин. Але без доступу вологи ці матеріали перебувають в склоподібному стані. Тому дослідження властивостей Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА кополімерів здійснювали, відповідно, в еластичному (набряклому) та твердому (сухому) станах. У набряклому стані вивчали такі фізико-механічні властивості, як число твердості (H, МПа) та пружності (E, %). Для твердих зразків досліджували поверхневу твердість (F, МПа), водовміст (W, %), електричні та магнітні властивості.

Одним із основних чинників, які впливають на властивості кополімерів, є склад полімер-мономерної композиції. Наслідком збільшення вмісту ПВП у вихідній композиції є зменшення міцнісних та пружних характеристик набряклих кополімерів (рис. 1, а). Це, очевидно, зумовлено тим, що під час гідратації частина макромолекул ПВП вимивається з кополімеру і не сприймає прикладене навантаження. Водночас внаслідок збільшення вільного об'єму зростає можливість конформаційних змін ланцюгів під дією зовнішніх механічних сил. Завдяки цьому, що більше макромолекул ПВП міститься в одиниці об'єму кополімеру, то розпушеніший полімер і менша його твердість та пружність у гідратованому стані.

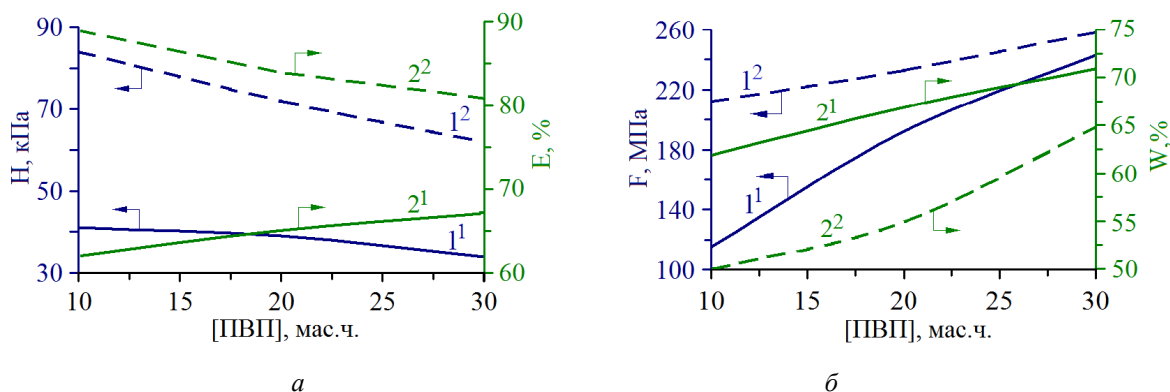


Рис. 1. Вплив вмісту ПВП у полімер-мономерній композиції на властивості Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА кополімерів, одержаних за pH 4–4,5 (—) та pH 7,5–8 (----) у набряклому (а) та сухому (б) стані ( $[NiSO_4] = 0,55$  мол/л)

Водночас збільшення вмісту ПВП у вихідній композиції підвищує поверхневу твердість сухих зразків (рис. 1, б). Це можна пояснити тим, що в сітку полімеру вводяться макромолекулярні ланцюги ПВП з об'ємними групами циклічної структури, які впливають на жорсткість, тобто зменшують здатність цих ланцюгів до зміни конформації.

Здатність до набрякання у розчинниках має важливе значення, оскільки саме ця властивість визначає такі властивості матеріалу, як еластичність та проникність для низькомолекулярних речовин. Кополімери ПВП-пр-пГЕМА характеризуються пористою структурою і містять гідрофільні групи: гідроксильну і карбонільну ГЕМА, а також пептидну ПВП. Саме кількість таких груп у структурі кополімеру, а також пористість гідрогелю визначають його сорбційну здатність. Пориста структура сприяє швидкій сорбції розчинника завдяки капілярним силам, що зумовлює набрякання кополімерів. Здатність до набрякання характеризували водовмістом ( $W$ , %). Зі збільшенням вмісту ПВП у композиті здатність до набрякання синтезованого кополімеру зростає (рис. 1, б), що пояснюється як гідрофілізацією сітки, завдяки введенню у її склад хімічно зв'язаних гідрофільних ланцюгів ПВП, так і зростанням міжмакромолекулярного вільного об'єму в кополімері внаслідок вимивання частини ПВП, який не вступив у реакцію прищеплення [19].

Попередніми дослідженнями [15] доведено, що особливості формування структури металонаповнених кополімерів ПВП з ГЕМА під час полімеризації з одночасним відновленням  $Ni^{2+}$  значною мірою залежать від вибраного режиму синтезу – температури та рН середовища. Структура кополімерів є визначальним чинником, який

впливає на їхні властивості. Встановлено, що на властивості  $Ni(0)$ /ПВП-пр-пГЕМА кополімерів та гідрогелевих матеріалів на їх основі впливають умови відновлення  $Ni^{2+}$ . Зразки композитів, синтезованих за початкового рН = 7,5–8, характеризуються кращими міцнісними властивостями як у сухому, так і у набряклому стані, водночас меншим водовмістом, ніж зразки, одержані за початкового рН = 4–4,5 (рис. 1). Очевидно, це пов'язано із формуванням менш пористої структури кополімерів у лужному середовищі та розвинутою системою пор композитів, одержаних у кислому [15]. Це явище пояснюється утворенням додаткових пор у композиті після вимивання непрореагованих прекурсорів та продуктів реакції відновлення.

З підвищенням вмісту частинок  $Ni(0)$  міцнісні характеристики композитів покращуються (рис. 2). Вміст металічного наповнювача в композиті регулювали зміною концентрації окисника та відновника у вихідній композиції.

Новоутворена поверхня металу-наповнювача, а також зміна методу введення його у полімерну гідрогелеву матрицю вимагає додаткового дослідження впливу наповнення на електропровідні властивості металонаповнених матеріалів на основі кополімерів ПВП з ГЕМА. Ненаповнені ПВП-пр-пГЕМА кополімери у сухому стані є діелектриками. Одним із наслідків наповнення їх частинками  $Ni(0)$  є поява електропровідних властивостей. Здатність композитів проводити електричний струм характеризували питомою електропровідністю ( $\gamma_v$ ,  $Om^{-1} \cdot m^{-1}$ ), яку оцінювали за питомим об'ємним опором ( $\rho_v$ ,  $Om \cdot m$ ). Покращення електропровідності спостерігається з підвищенням вмісту відновленого  $Ni^{2+}$  у композиті (рис. 2).

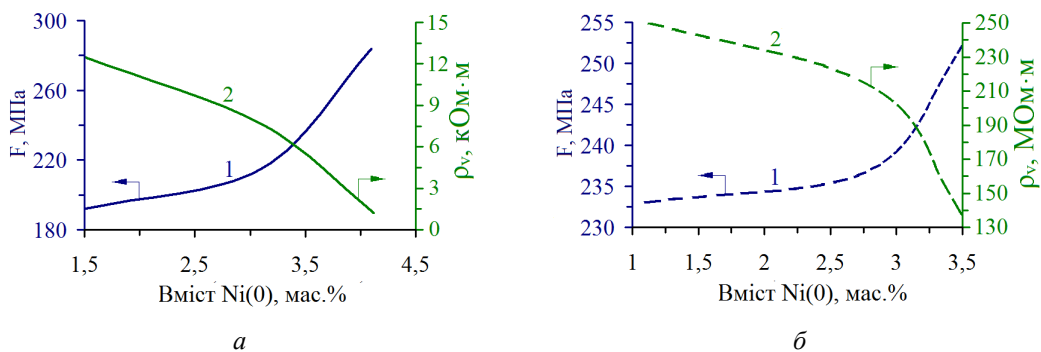


Рис. 2. Вплив вмісту  $Ni(0)$  на поверхневу твердість ( $F$ ) та питомий об'ємний електричний опір ( $\rho_v$ ) сухих композитів, одержаних за рН 4–4,5 (а) та за рН 7,5–8 (б)

На рис. 3 подано результати дослідження впливу складу вихідної композиції на електропровідні властивості нікельнаповнених кополімерів. Встановлено, що електропровідність композитів зростає зі збільшенням у початковій композиції вмісту ПВП. Збільшення вмісту частинок металу-наповнювача сприяє зростанню електронної електропровідності Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композитів. Водночас підвищення вмісту ПВП у кополімерах забезпечує зростання йонної провідності.

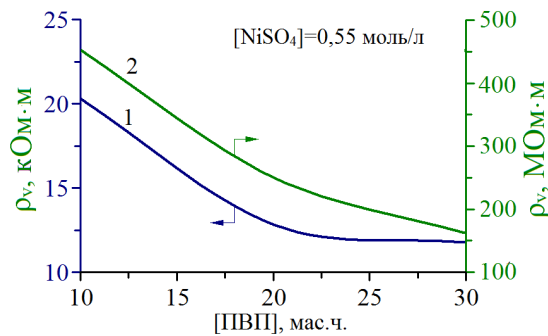


Рис. 3. Залежність питомого електричного опору Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА кополімерів, одержаних за pH 4–4,5 (1) та за pH 7,5–8 (2), від вмісту ПВП у вихідній композиції

Можна зауважити, що композиційні кополімери, одержані у кислому середовищі, характеризуються у  $10^4$  разів більшою електропровідністю (рис. 3, крива 1) порівняно з матеріалами, отриманими у лужному (рис. 3, крива 2). Згідно із класифікацією за електропровідністю [17], ці композити є провідниками. Порівнюючи  $\rho_v$  одержаних матеріалів (із вмістом 2÷3 мас. % хімічно осадженого нікелевого наповнювача) з матеріалами аналогічного складу, наповненими порошком нікелю, спостерігаємо відчутну відмінність у кількості металу-наповнювача – для досягнення питомого опору отриманих композитів у межах  $10^3$ – $10^4$  Ом·м необхідно у п'ять разів менше наповнювача порівняно з аналогічними композитами, одержаними полімеризаційним наповненням [12].

Водночас встановлено, що композити, утворені у лужному середовищі, характеризуються магнітною сприйнятливістю. Поєднання магнітних властивостей наповнювача та сорбційної здатності гідрогелевої матриці є передумовою створення актуальних сьогодні нових матеріалів – магнітних сорбентів, які здатні зазнавати структурних змін під дією магнітного поля [20].

Для того, щоб охарактеризувати магнітні властивості досліджуваних матеріалів, отримували та вивчали їх криві намагнічення (рис. 4.), за якими визначали значення намагніченості ( $\sigma$ ,  $A \cdot m^2 \cdot kg^{-1}$ ) та коерцитивної сили ( $H$ ,  $kA \cdot m^{-1}$ ). Аналіз форми кривих та величини коерцитивної сили (в межах  $1,4 \div 2,8 kA \cdot m^{-1}$ ) свідчить, що досліджувані матеріали є магнітом'якими. Це важливо з огляду на те, що у змінному магнітному полі перетворення магнітної енергії на теплову є доволі малим. Вироби на основі Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композитів у змінному магнітному полі будуть характеризуватися мінімальними втратами енергії за цикл. Магнітні властивості Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композитів досліджували після їх гідратації у воді та висушування. Отже, збереження магнітних властивостей зразків є доказом того, що частинки Ni(0) не окиснилися і не змінили свою структуру та властивості з часом, що є додатковим підтвердженням стабілізуючого впливу полімерної матриці.

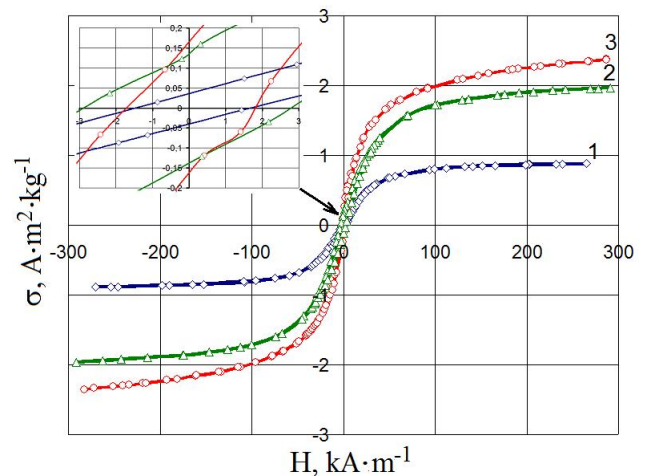


Рис. 4. Магнітні петлі гістерезису Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композитів із різною концентрацією NiSO<sub>4</sub> в окисно-відновній системі (ГЕМА:ПВП = 80:20 мас.ч.):  
1 – [NiSO<sub>4</sub>] = 0,55 моль/л; 2 – [NiSO<sub>4</sub>] = 1,1 моль/л;  
3 – [NiSO<sub>4</sub>] = 2,32 моль/л

Сорбційна здатність полімерної матриці на основі кополімерів ПВП з ГЕМА у поєднанні з каталітичними властивостями Ni(0) забезпечують можливість використання отриманих матеріалів як каталізаторів хімічних реакцій. Наприклад, гідрогелі, які містять частинки Ni(0), використовують як каталізатори в реакціях відновлення 2- і

4-нітрофенолів, під час гідролізу борогідриду натрію для одержання водню [10, 14, 21, 22].

У лабораторії відділу хімії окислювальних процесів Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, з метою підтвердження каталітичної активності Ni(0) у структурі Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композиту, досліджено процес гідролізу борогідриду натрію у його присутності (рис. 5).

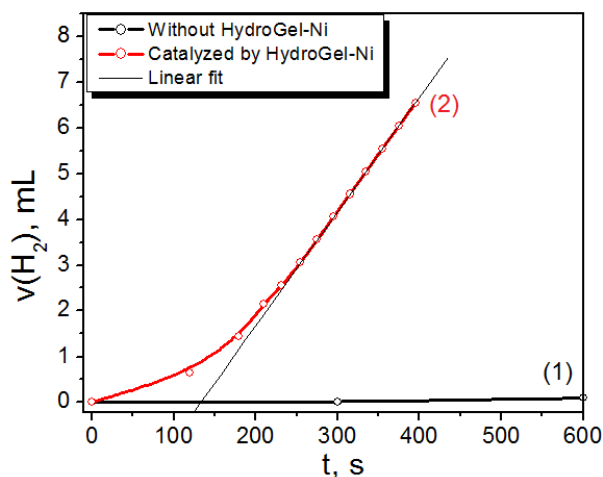


Рис. 5. Кінетика виділення водню під час гідролізу  $\text{NaBH}_4$ :

1 – без Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композиту;

2 – у присутності Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композиту

Для досліджень використовували зразок у формі плівки, нарізаної на смужки  $5 \times 3 \times 1$  мм, вміст Ni(0) у композиті – 15 мас. %. Випробування здійснювали із використанням волюмометричної установки, яка працює в умовах змінного тиску. Концентрація  $\text{NaBH}_4$  у розчині становила 0,2 моль/л, рН розчину – 12,  $T = 25$  °C. Встановлено, що гідроліз водного розчину  $\text{NaBH}_4$  за рН = 12 за відсутності каталізатора не відбувається. Під час використання досліджуваного каталізатора спостерігається інтенсивне виділення водню. Встановлено, що композиційний матеріал на основі Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА кополімерів ефективний у процесі каталітичного гідролізу борогідриду натрію.

### Висновки

Отже, виконані дослідження дали змогу встановити вплив складу полімер-мономерної композиції, вмісту металу-наповнювача та умов проведення реакції відновлення йонів нікелю на властивості металонаповнених кополімерів ПВП із ГЕМА та гідрогелів на їх основі. Одержані

матеріали характеризуються унікальним комплексом властивостей. Поєднання полімерної та металічної фаз забезпечує широкий діапазон міцнісних та пружних характеристик у набряклому та твердому станах. Водовміст композитів під час рівноважного набрякання, залежно від складу композиції та режиму синтезу, становить 50–71 мас. %. За електропровідністю отримані матеріали належать до провідників. Питомий об'ємний опір матеріалів, одержаних у кислому середовищі, у межах  $10^3$  Ом·м, що у  $10^4$  разів перевищує опір зразків, отриманих у лужному, які, своєю чергою, характеризуються магнітними властивостями. Встановлено, що частинки Ni(0) у структурі Ni(0)/ПВП-пр-пГЕМА композиту проявляють каталітичну активність, зокрема, у процесах гідролізу борогідриду натрію.

### References

1. Nicolais, L., & Carotenuto, G. (2005). *Metal-polymer nanocomposites*; John Wiley & Sons: New Jersey, 304. doi:10.1002/0471695432.
2. Hanemann, T., & Szabó, D. V. (2010). Polymer-Nanoparticle composites: from synthesis to modern applications. *Materials*, 3, 3468–3517. <https://doi.org/10.3390/ma3063468>.
3. Moravskiy, V., Dziaman, I., Suberliak, S., Grytsenko, O., & Kuznetsova, M. (2017). *Features of the production of metal-filled composites by metallization of polymeric raw materials*. 7th International Conference Nanomaterials: Application & Properties (NAP), Zatoka, Ukraine, September 10–15 2017; IEEE, Odessa, Ukraine. doi: 10.1109/NAP.2017.8190265.
4. Echeverria, C., Fernandes, S., Godinho, M., Borges, J., & Soares, P. (2018). Functional Stimuli-Responsive Gels: *Hydrogels and Microgels*. *Gels*, 4(2), 54. doi:10.3390/gels4020054.
5. Li, H., Yang, P., Pageni, P., Tang, Ch. (2017). Recent Advances in Metal-Containing Polymer Hydrogels. *Macromolecular Rapid Communications*, 38(14), 1–20. DOI: 10.1002/marc.201700109.
6. Li, X., Rombouts, W., Gucht, J., Vries, R., & Dijkstra, J. A. (2019). Mechanics of composite hydrogels approaching phase separation. *PLoS ONE*, 14(1), e0211059. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211059>.
7. Thoniyot, P., Tan, M. J., Karim, A. A., Young, D. J., & Loh, X. J. (2015). Nanoparticle-Hydrogel Composites: Concept, Design, and Applications of These Promising, Multi-Functional Materials. *Advanced Science*, 2(1–2), 1400010. doi:10.1002/adv.201400010.
8. Grytsenko, O., Gajdos, I., Spišák, E., Krasinskyi, V., & Suberlyak, O. (2019). Novel Ni/pHEMA-gr-PVP Composites Obtained by Polymerization with Simultaneous Metal Deposition: Structure and Properties. *Materials*, 12(12), 1956–1973. doi: 10.3390/ma12121956.

9. Grytsenko, O. M., Naumenko, O. P., Suberlyak, O. V., Dulebova, L., & Berezhnyy, B. V. (2020). The technological parameters optimization of the graft copolymerization 2-hydroxyethyl methacrylate with polyvinylpyrrolidone for nickel deposition from salts. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 25–32. doi: 10.32434/0321-4095-2019-128-1-25-32
10. Sahiner, N., Ozay, H., Ozay, O., & Aktas, N. (2010). New catalytic route: Hydrogels as templates and reactors for in situ Ni nanoparticle synthesis and usage in the reduction of 2- and 4-nitrophenols. *Applied Catalysis A: General*, 385, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2010.07.004>.
11. Ozay, O., Aktas, N., Inger, E., & Sahiner, N. (2011). Hydrogel assisted nickel nanoparticle synthesis and their use in hydrogen production from sodium boron hydride. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 1998–2006. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.11.045>.
12. Grytsenko, O., Spišak, E., Dulebová, L., Moravskii, V., & Suberlyak, O. (2015). Sorption capable film coatings with variable conductivity. *Materials Science Forum*, 818, 97–101. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.818.97>.
13. Suberlyak, O., Grytsenko, O., Hishchak, Kh., & Hnatchuk, N. (2013). Researching influence the nature of metal on mechanism of synthesis polyvinylpyrrolidone metal copolymers. *Chemistry and Chemical Technology*, 7, 289–294. <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/23488>.
14. Sahiner, N., Seven, F., & Al-lohedan, H. (2015). Superporous Cryogel-M (Cu, Ni, and Co) Composites in Catalytic Reduction of Toxic Phenolic Compounds and Dyes from Wastewaters. *Water Air and Soil Pollution*, 226(4), 10–13. <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2247-8>.
15. Grytsenko, O. M., Suberlyak, O. V., Dulebova L., Gaydos I., & Berezhnyy B. V. (2020). Osoblyvosti formuvannya struktury nikel'napovnenykh kopolimeriv polivinilpirolidonu pid chas polimeryzatsiyi z odnochasnym vidnovlenniam Ni<sup>2+</sup>. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 3(2), 127–134. (in Ukrainian).
16. Grytsenko, O. M., Suberlyak, O. V., & Hishchak, Kh. Ya. (2015). Zakonomirnosti formuvannya metalonapovnenykh hidroheliiv ta plivkovykh materialiv. *Voprosy khymyy y khymicheskoy tekhnolohy*, 1, 20–25. (in Ukrainian).
17. Lushcheykin, G. A. (1988). *Metody issledovaniya elektricheskikh svoystv polimerov*. M.: Khimiya, 158 s. (in Russian).
18. Kondyr A. I., Borysyuk A. K., Pazdriy, I. P., & Shvachko S. H. (2004). Zastosuvannya vibratsiyonoho mahnitometra dlya fazovoho analizu spetsial'nykh staley ta splaviv. *Vybratsyy v tekhnike y tekhnolohiyakh*, 2(34), 41–43. (in Ukrainian).
19. Suberlyak, O. V., Skorokhoda, V. Y., & Hrytsenko, O. M. (2000). Naukovi aspekty rozroblennya tekhnolohiyi syntezy hidrofil'nykh kopolimeriv polivinilpirolidonu. *Voprosy khymyy y khymicheskoy tekhnolohy*, 1, 236–238. (in Ukrainian).
20. Liu, T.-Yu., Hu, S.-H., Liu, Ts.-Y., Liu, D.-M., & Chen, S.-Y. (2006). Magnetic-sensitive behavior of intelligent ferrogels for controlled release of drug. *Langmuir*, 22(14), 5974–5978. <https://doi.org/10.1021/la060371e>.
21. Ajmal, M., Aftab, F., Bibi, I, Iqbal, M., Ambreen, J., Ahmad, H. B., Akhtar, N., Haleem, A., & Siddiq, M. (2019). Facile synthesis of porous anionic hydrogel embedded with nickel nanoparticles and evaluation of its catalytic performance for the rapid reduction of 4-nitrophenol. *Journal of Porous Materials*, 26, 281–290. <https://doi.org/10.1007/s10934-018-0654-8>
22. Cai, H., Lu, P., & Dong, J. (2016). Robust nickel-polymer nanocomposite particles for hydrogen generation from sodium borohydride. *Fuel*, 166, 297–301. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.11.011>.

O. M. Grytsenko<sup>1</sup>, O. V. Suberlyak<sup>1</sup>, B. V. Berezhnii<sup>1</sup>, P. P. Voloshkevych<sup>2</sup>

Lviv Polytechnic National University,

<sup>1</sup> Department of Chemical Technology of Plastics

<sup>2</sup> Department of descriptive geometry and engineering graphics

ogryts@gmail.com

## INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF NICKEL-FILLED COPOLYMERS OF POLYVINYLPIRROLIDONE AND HYDROGEL MATERIALS BASED ON THEM

The properties of nickel-filled copolymers of polyvinylpyrrolidone with 2-hydroxyethylmethacrylate and hydrogel materials based on them, obtained by the method of polymerization with simultaneous reduction of metal ions have been investigated. The influence of polymer-monomer composition formulation, content of metal-filler and conditions of Ni<sup>2+</sup> reduction reaction on physico-mechanical, sorption, electrical and magnetic characteristics of obtained materials has been established. It has been found that Ni(0) particles in the composites' structure on the basis of polyvinylpyrrolidone with 2-hydroxyethylmethacrylate copolymers demonstrate catalytic activity, particularly, in the hydrolysis process of sodium borohydride.

**Key words:** nickel; polyvinylpyrrolidone; 2-hydroxyethylmethacrylate; co-polymer; hydrogels; nickel-containing hydrogels.