

## ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ

*Хора О.В.<sup>1</sup>, Гаврилюк Н.А.<sup>1,2</sup>, Міщенко В.М.<sup>1</sup>, Сігарьова Н.В.<sup>1</sup>, Терещ М.І.<sup>1</sup>, Дем'яненко Є.М.<sup>1</sup>,  
Старокадомський Д.Л.<sup>1</sup>, Золотаренко Ан.Д.<sup>1,2</sup>, Золотаренко Ол.Д.<sup>1,2</sup>, Щур Д.В.<sup>2</sup>,  
Горелов Б.М.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, Київ, Україна, [o\\_khora@ukr.net](mailto:okhora@ukr.net)

<sup>2</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ, Україна

Композиційні матеріали з вуглецевими наповнювачами отримали широке застосування в багатьох галузях господарства [1]. Деякі з них використовують чимало десятиліть. Одним з вуглецевих наповнювачів, є сажа, в складі якої міститься до 99,0 мас. % Карбону [2]. Сажа, як наповнювач, чи не однією з перших набула широкого промислового застосування. В залежності від методу одержання та фізико-хімічних характеристик, сажі широко використовують для отримання матеріалів функціонального призначення з покращеними характеристиками в машинобудуванні, космічній технології, хімічній промисловості та народному господарстві. Різновиди сажі знайшли своє застосування при наповненні полімерних матеріалів, каучуків, лаків, фарб, в поліграфії, електротехніці, атомній енергетиці та інших технічних напрямках. Важливими характеристиками сажі вважають розмір частинок (ступінь дисперсності), структуру, питому поверхню, адсорбційні властивості, вміст летких речовин, розчинність і рН її водної суспензії, яка залежить від якісного і кількісного складу оксигенвмісних груп [3].

Після відкриття нанорозмірних форм вуглецю, отримано результати, які значно перевищують традиційні межі впливу наповнювача на властивості епоксидної матриці. Особливо цікаві дані [4], які показують, що при наповненні незначною кількістю (<1 мас.%) нанорозмірного вуглецевого наповнювача, він бере на себе роль структуроутворювача і модерує загальні властивості матеріалу. Наразі актуальним є вивчення впливу структури наповнювача та наявності поверхневих функціональних груп в його складі на властивості одержаного композитного епоксидного матеріалу.

Сажу одержали випаровуванням графітових анодів (електродуговий метод) [5]. Потім продукт просіювали для відділення дрібнодисперсної фракції від агломератів. Для окиснення використовували дрібнодисперсну фракцію, до складу якої входять вуглецеві наноструктури. На рис. 1 наведено СЕМ-фото зображення сажі до окиснення.

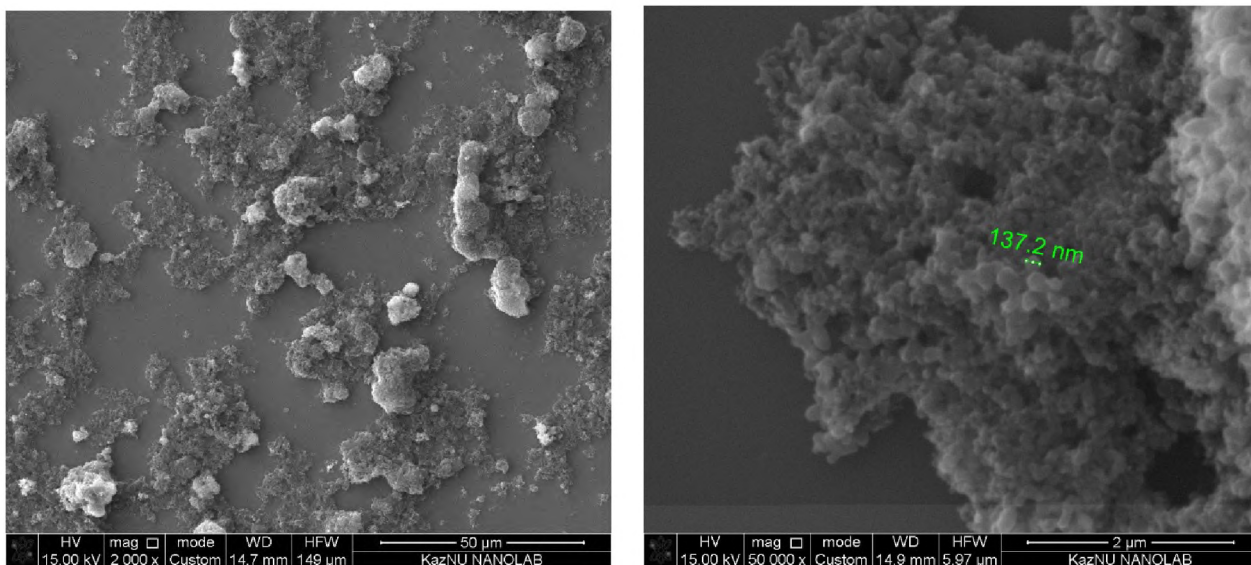
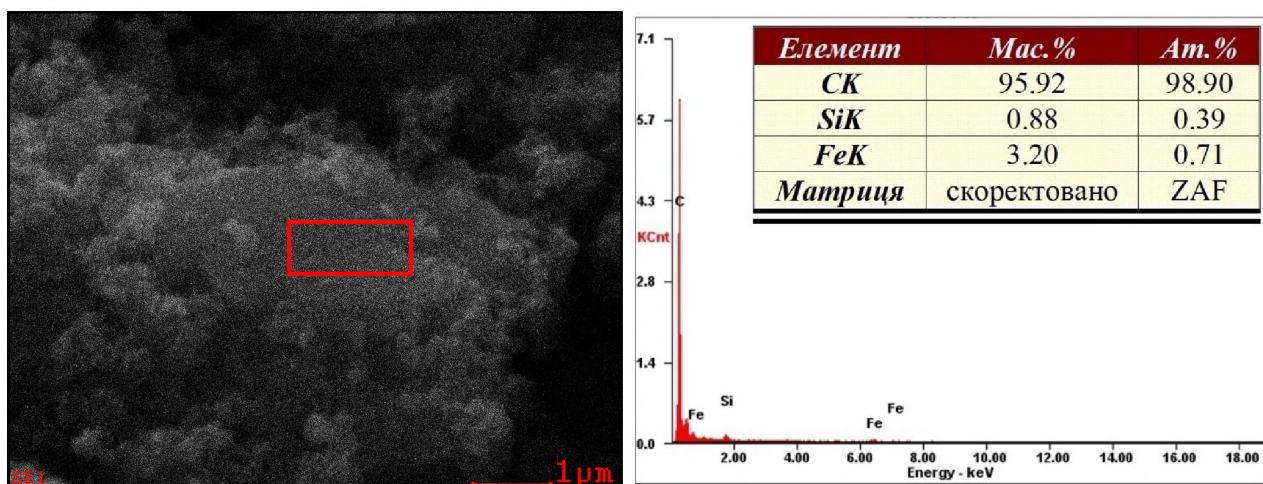


Рис. 1 СЕМ - фотозображеннясажі, одержаної електродуговим методом

На рис. 2 наведено результати аналізу якісного складу сажі. Вміст Карбону – високий, вміст Оксигену – не виявлено: такі вихідні дані дозволять якісніше дослідити процеси окиснення вихідних зразків сажі.



**Рис. 2** Результати аналізу якісного і кількісного складу сажі.

Для досягнення максимального окиснення розроблено методику трьохступеневої функціоналізації активних поверхневих центрів нанодисперсної сажі за рахунок хімічного модифікування сильним окисником ( $\text{KMnO}_4$ ) (методом диспергування) протягом 24 год при кімнатній температурі з наступним термоударом при  $240^\circ\text{C}$  протягом 30 хв і фотоокисненням (джерелом УФ випромінювання використали ртутну лампу низького тиску (8 Вт) з довжиною хвилі 253,7 нм) сумарною тривалістю 100 год.

Одержані окиснені зразки сажі використали для наповнення полімерних (епоксидних) матеріалів. Спостерігали ефективне змочування сажі епоксидною смолою. Встановлено, що сажа складається з частинок розміром від нанорозмірної до десятків мкм. Форма частинок сажі сферична. Оксигенвмісні активні поверхневі центри наповнювачів при фізико-хімічній взаємодії з полімерними матеріалами в міжфазній області знижують ступінь неупорядкованості полімерної структури, внаслідок чого змінюється термостійкість і механічні показники вуглецевмісних композитів.

Введення високодисперсної сажі в композиційний матеріал сприяє значній зміні структури матриці, що змінює їх фізико-механічні, термо- і фотохімічні властивості. Встановлено, що модифікованій високодисперсній сажі характерний високий рівень структурної активності і вона ефективніше впливає на процеси структуроутворення і покращує фізико-хімічні властивості створених композиційних епоксидних матеріалів.

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2005. – 257 с.
2. Зуев В.П., Михайлов В.В. Производство сажи. – М.: Химия, 1970. – 330 с.
3. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. – М.: Химия, 1991. – 260 с.
4. Гаврилюк Н.А., Приходько Г.П., Картель М.Т. Одержання та властивості нанокомпозитів на основі термопластичних полімерів, наповнених вуглецевими нанотрубками (огляд) // Поверхность. – 2014. – Вип. 6(21). – С. 206-240.
5. Золотаренко О.Д., Рудакова О.П., Картель М.Т., Каленюк Г.О., Золотаренко А.Д., Щур Д.В., Тарасенко Ю.О. Механізм формування вуглецевих наноструктур електродуговим методом // Поверхня. – 2020. – Вип. 12(27). – С. 263-288.