

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-047-6-42>

## **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ СПРЯЖЕНИХ ПОЛІМЕРІВ І СТИРОМАЛІО**

**Мартинюк Г. В.**

*кандидат хімічних наук, доцент,  
доцент кафедри екології, географії та туризму  
Рівненський державний гуманітарний університет  
м. Рівне, Україна*

**Гакало О. І.**

*кандидат сільськогосподарських наук,  
викладач  
ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж Національного  
університету водного господарства та природокористування»  
м. Рівне, Україна*

Стрімкий розвиток науки і техніки зумовив виникнення «інтелектуальних» або «розумних» полімерних матеріалів, що є одним із перспективних напрямків сучасних наукоємних технологій.

Електропровідні спряжені поліаміноарени (ПА) з моменту відкриття і до сьогодні є важливим предметом досліджень, завдяки простоті синтезу, хорошій електропровідності та екологічній стабільності. Їх можна розглядати як «синтетичні нанометали» з діаметром частинок 10–20 нм і унікальними електричними, оптичними, термодформційними властивостями, які дозволяють застосовувати в якості електродів сонячних батарей, газових датчиків, активних електронних компонентів, електростатичних дисперсійних покриттів, сенсорів моніторингу довкілля, продуктів харчування та новітніх застосувань в галузі медицини, біології [1, 2].

Для досліджень електропровідності та морфологічної структури отриманих плівкових полімерних композитів використовували модельні системи на основі спряжених поліаміноаренів – поліаніліну (ПАН), поліортотолуїдину (ПоТІ), поліортоанізидину (ПоА). Кополімер стирену і малеїнового ангідриду під назвою «стиромаль» (СтМА) використано в якості полімерної матриці [3].

Кополімер СтМА синтезовано традиційним методом радикальної кополімеризації еквімолярної кількості суміші стирену і малеїнового ангідриду під час нагрівання. Як ініціатор використано перок-

сид бензоїлу [4]. Синтез полімер-полімерних композитів СтМА–ПА проводили окисною полімеризацією аміноаренів в розчинах стиромалю різної концентрації у змішаному розчиннику вода-діоксан (1:1) за присутності еквімолярних кількостей окисника  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  та 0,5 М толуенсульфоїкислоти (ТСК) за температури 293–295 К упродовж 24 годин. Плівкові зразки СтМА–ПА товщиною до  $0,5 \pm 0,05$  мм формували на поверхні предметного скла або тефлону згідно відомої методики [5].

Встановлено, що в полімер-полімерних системах, утворених діелектричними полімерними матрицями різного типу, електропровідність проявляється вже за малого вмісту електропровідного наповнювача. При введенні в діелектричну полімерну матрицю електропровідного наповнювача залежність електропровідності ( $\sigma$ ) від об'ємного вмісту наповнювача ( $\varphi$ , %) є нелінійною. За малого вмісту наповнювача величина провідності ( $\sigma$ ) близька до провідності чистого полімеру, в цьому випадку частинки або агрегати частинок ізольовані одна від одної. Збільшення вмісту наповнювача приводить до різкого переходу з непровідного у провідний стан (на порозі перколяції) з відповідним значенням провідності ( $\sigma_c$ ) внаслідок формування нескінченного кластера провідності. За таких умов досягається граничний вміст наповнювача в полімерній матриці, усі частинки стають провідними, а композиція має максимальну провідність [3].

Для наукового опису виникнення провідності в композиційних матеріалах розроблено теорію, яка сформульована для неперервного середовища і дістала назву «теорія перколяції». Дана теорія дає змогу описати процеси найрізноманітнішої природи, в умовах, коли за поступової зміни одного з параметрів (наприклад, концентрації) властивості системи змінюються стрибкоподібно [6, 7].

Отримані експериментальні результати щодо електропровідності утворених полімерних нанокмозитів СтМА – ПА добре узгоджуються з основними постулатами перколяційної наукової теорії, яка дає змогу пояснити виникнення електропровідності при досягненні деякої критичної об'ємної концентрації наповнювача, використовуючи основний закон перколяції. Згідно даної теорії максимальна провідність досягається за вмісту полімерного наповнювача, який називають «поріг перколяції», і він відповідає максимальній провідності за якої формується нескінченний кластер провідності. Щодо досліджуваних композитів то «поріг» перколяції становить 8–10 % об., його значення залежить також від природи полімерного наповнювача, а саме: ПоТІ – 10 % об., ПАН– 8,4 % об. та ПоА – 8 % об. [3].

В процесі формування полімерних композитів на основі стиромалю та електропровідних наповнювачів – спряжених поліаміноаренів

(ПАН, ПоТІ, ПоА) утворюються різноманітні електропровідні ланцюги – канали провідності, які і визначатимуть морфологію утворених продуктів.

Залежно від вихідної концентрації мономеру (аміноарену) формуються полімерні плівки різної морфологічної структури. Але в кожному окремому випадку існує оптимальна концентрація поліаміноарену, за якої відбувається максимальна взаємодія електропровідного полімеру зі стиромалем. Встановлено, що за утворення полімерних наноконкомпозитів на основ матриці стиромало спостерігаються ознаки властиві матричному ефекту, коли електропровідний полімер формує власну перколяційну сітку у матриці СтМА, а канали провідності, контактуючи між собою, забезпечують підвищену провідність композитів порівняно з чистою матрицею стиромалу [1, 3].

### Література:

1. Аксіментьєва О.І. Конопельник, Б.Р. Ціж [та ін.]. Гнучкі елементи оптичних сенсорів на основі спряжених полімерних систем. *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*, 2011. Т. 8. № 2. С. 39–44.
2. K. K. Kar. *Composite Materials. Processing, Applications, Characterizations*. Springer Berlin Heidelberg, 2017. Vol. XVII. 686 P. DOI: 10.1007/978-3-662-49514-8
3. Aksimentyeva O., Dutka V., Horbenko Yu., Martyniuk G., Riy U., Galechko H. Composites of the Conductive polyaminoarenes in the matrix of styromal. *Proc. Shevchenko Sci. Soc. Chem. Sci*, 2017. Vol. 53. P. 7–16.
4. Абдрашитов Я.М., Семенова Л.Г., Шаповалов В.Д., Курганов И.В. и др. Получение низкомолекулярного сополимера малеинового ангидрида со стиролом в гомогенном растворителе. *Международный журнал экспериментального образования*, 2015. № 9. С. 106–110.
5. Рій У., Горбенко Ю., Опря В. та ін. Темплатний синтез і властивості струмопровідних композитів поліаміноаренів у матрицях стиромалу. Хімічні каразінські читання –2012: матеріали IV Всеукр. наук. конф. студентів та аспірантів (Харків 23–26 квітня 2012 р.) Харків, 2012. С. 310–311.
6. Тарасевич Ю.Ю. Перколяція: теорія, практика, алгоритми. Учебное пособие. М.: УРСС, 2002. 112 с.
7. Лисенков Е. А., Клепко В.В. Аналіз перколяційної поведінки електропровідності систем на основі поліптерів та вуглецевих нанотрубок. *Журнал нано– та електронної фізики*, 2016. Т. 8, № 1.С. 101–105.