

СТВОРЕННЯ «РОЗУМНИХ» ГІБРИДНИХ МАТЕРІАЛІВ ШЛЯХОМ ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЇ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК ПРИЩЕПЛЕНИМИ ПОЛІМЕРНИМИ ЦІТКАМИ

Бугайчук Н. Ю., Чеботар А. С., Стецишин Ю. Б.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна
natalia.buhaichuk.kht.2022@lpnu.ua

Інтенсивний розвиток нанотехнологій сприяє розширенню спектра матеріалів із заданими властивостями. Гібридні наноматеріали поєднують характеристики різних за походженням матеріалів, наприклад, вуглецевих нанотрубок і полімерів, тоді як розумні матеріали здатні змінювати свої властивості у відповідь на зовнішні стимули (температуру, pH, електричне поле, світло тощо). Такі матеріали знаходять застосування в електроніці, медицині, енергетиці та екології.

У роботі здійснено функціоналізацію вуглецевих нанотрубок (ВНТ), що містять аміногрупи на поверхні, з метою отримання наноматеріалів із регульованими характеристиками. Функціоналізацію проводили у два етапи. На першому етапі до аміногруп ВНТ приєднано мультифункціональний ініціатор — олігопероксид із залишковими хлорангідридними групами. На другому етапі шляхом прищеплення полімерів до центрів ініціації на поверхні ВНТ сформовано полімерні цітки різної хімічної природи: (1) кополімеру акрилової кислоти з невеликим вмістом флуоресцеїн акрилату, (2) полі-N-ізопропілакриламід.

Функціоналізація ВНТ кополімером акрилової кислоти з невеликим вмістом флуоресцеїн-акрилату та полі-N-ізопропілакриламідом надає їм додаткових властивостей, зокрема водорозчинності, термо- та pH-чутливості, біосумісності, а також можливості флуоресцентного маркування.

Хімічний склад і морфологію одержаних матеріалів досліджено методами Фур'є-спектроскопії інфрачервоного випромінювання, рентгенівської дифракції, термогравіметричного аналізу та скануючої електронної мікроскопії. Вплив зовнішніх факторів оцінювали методом динамічного світлорозсіювання, варіюючи температуру в діапазоні 25–40 °C та pH середовища в межах 3–9. Встановлено, що функціоналізовані ВНТ демонструють зворотні зміни гідродинамічних розмірів, обумовлені контрольованими температурою та pH конформаційними перебудовами полімерних ланцюгів. Це, у свою чергу, призводить до утворення та руйнування агрегатів ВНТ, що може бути використано для розробки адаптивних наноматеріалів із керованими властивостями. Особливо перспективним напрямком виявилось поєднання двох різних типів функціоналізованих ВНТ. Було встановлено, що такі системи утворюють агрегати, розміри яких суттєво відрізняються від окремих функціоналізованих ВНТ. Це свідчить про взаємодію між карбоксильними групами прищепленого кополімеру акрилової кислоти з флуоресцеїн-акрилатом та амідними групами макромолекул полі-N-ізопропілакриламід. Отримані результати вказують на можливість створення стабільних наноструктур із контрольованими міжмолекулярними взаємодіями.

Отримані матеріали можуть бути перспективними для застосування в біомедичних технологіях, зокрема як біосенсори, системи контрольованої доставки лікарських засобів, а також у водоочищенні. Водночас, зважаючи на потенційні токсичні ефекти ВНТ, важливим залишається питання їхньої біобезпеки.