

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# МАТЕРІАЛИ

III науково-практичної інтернет-конференції



**РОЗВИТОК  
ПРИРОДНИЧИХ НАУК  
ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ  
ДОСЯГНЕНЬ У  
МЕДИЦИНІ**

*м. Чернівці  
21 червня 2023 року*

## СЕКЦІЯ 2. НАНОТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЦИНІ ТА ФАРМАЦІЇ

УДК: 61:620.3:004.8

Бірюкова Т.В.

### НАНОРОБОТИ В МЕДИЦИНІ

*Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці*

*tanokbir@ukr.net*

**Анотація.** Наномедицина – це галузь, що невпинно розвивається. Ще у ХХ столітті вчені передбачили неминучість переходу медичних технологій від макрорівня до мікрорівня і далі аж до атомарного рівня. Тому втілення розробок у цій сфері дозволить кардинально змінити підхід до лікування. В статті розкрито структуру, типи, напрямки застосування нанороботів в медицині.

**Ключові слова:** наноробот, медицина, нанотехнологія, наночастинка.

На сьогоднішній день нанотехнології набувають все більше популярності, а саме нанороботи - модний напрям в нанотехнологіях, особливо, коли мова йде про медичну галузь. Нанороботи - дуже перспективний напрямок, з їх допомогою лікарі зможуть виконувати більш складні і відповідальні операції, передбачити, а також запобігти виникненню патологій і захворювань. [1]

Вчені, які займаються розробкою нанороботів програмують кожен механізм на виконання певної функції. Наприклад, доставка певних фармацевтичних засобів, пришвидшення регенерації тканин. [2]. Також можуть використовуватись при складних операціях, які займають до 8 годин і більше (при оперативному втручанні в мозок і тому подібне); можуть слугувати заміною уколів і деяких медичних засобів. Нанороботи відкривають неймовірні можливості в діагностиці як найпростіших, так і самих складних захворювань. Так, людям, що страждають на хворобу Паркінсона, через два отвори в черепі у мозок вживляють під'єднані до стимулятора електроди, напругу на яких регулює пацієнт перемикачем. У 80% випадках біль або стихає, або зникає. Більша кількість пацієнтів задоволена результатом, адже вони позбулись болю, проте даний метод тільки набуває популярності. Яскравим прикладом є використання нанороботів замість пігулок. Людям, ураженим сучасними хворобами вживляють нанороботи з голками, які виконують функцію

лейкоцитів, тобто блокують віруси та інфекції. Нанороботами можна лікувати склероз, адже при цьому захворюванні імунна система знищує мієлінову оболонку нервових волокон у спинному та головному мозку. В людини з'являються симптоми хвороби й волокна стають нечутливими. Приєднані до антигену мієліну нанороботи дозволяють перезавантажити імунну систему, щоб вона не сприймала оболонку нервових волокон, як чужорідне тіло. [3, 4]

Мета роботи: дослідити використання нанороботів в медицині.

Нанороботи – мініатюрні машини, які можуть бути органічними й неорганічними. Органічні нанороботи – біонанороботи – створюються шляхом поєднання клітин ДНК вірусу та бактерії. Вони менш шкідливі для організму. Неорганічні нанороботи (наноботи) створюються з використанням алмазних структур, синтетичних білків та інших матеріалів, є більш небезпечними, ніж органічні нанороботи. Для подолання перешкоди токсичності роботи інкапсулюються. Розглянемо структуру нанороботів. Це електромеханічні системи, які включають джерела живлення, двигуни, маніпулятори, бортові датчики, молекулярні комп'ютери. При конструюванні таких систем необхідно враховувати, що вони рухатимуться по крові в судинах, яка має в'язкість, тобто враховувати сили тертя. Також має бути враховано броунівський рух молекул – можуть виникати непередбачувані зіткнення з молекулами. Для виявлення цільових молекул нанороботи мають хімічні датчики, які сканують середовище і відстежують відповідні хімічні маркери до призначеної цілі. Для навігації можуть використовуватись різноманітні методи. Наприклад, випромінюючи ультразвукові сигнали нанороботи дозволяють відстежувати їх місцезнаходження та перенаправляти у необхідні області за допомогою спеціального керуючого інструменту. Також з цією метою застосовують прилади магніто-резонансної терапії, рентгенівські промені, радіохвилі, мікрохвилі тощо. Системи виявлення та навігації призначені для відстеження та переміщення нанороботів. Джерела живлення можуть бути зовнішні та внутрішні. Внутрішні використовують генератори та конденсатори. Для виробництва енергії генератори можуть застосовувати електроліти, які є в крові, а конденсатори накопичують електричну енергію як батареї, й за її допомогою рухатиметься наноробот. Зовнішні джерела живлення – це маленькі тонкі дроти, зроблені з волоконно-оптичних кабелів порядку нанометрів, які створюють електроенергію всередині робота надсилаючи світлові імпульси по дротах. Також у якості зовнішнього джерела живлення може бути використана п'єзоелектрична мембрана, що здатна перетворювати зібрані ультразвукові хвилі в електричну енергію. Існують й інші джерела живлення такі як магнітні поля, ультразвукові сигнали, тощо. Для переміщення роботів всередині організму є система руху, яка повинна бути потужною, стабільною, здатною рухати його проти течії крові. Існують варіанти

роботів з невеликими відростками (джгутіками), за допомогою яких нанороботи рухаються, плавають, хапаються. Також вченими запропоновано використання конденсаторів для створення електромагнітного насоса, який працював би як реактивний струмень, всмоктуючи провідні рідини й викидаючи їх, забезпечуючи рух наноробота вперед.

Технічні вимоги до нанороботів:

- наявність системи навігації для переміщення по судинах організму;
- наявність сенсорної системи для визначення навколишнього середовища;
- наявна можливість переміщення клітин від їх місця знаходження;
- наявність маніпуляторів для роботи;
- наявність міцної оболонки (алмаз, сапфір) для запобігання швидкого руйнування в результаті несумісності з людським організмом;
- наявність комунікації з іншими такими ж пристроями;
- можливість переміщення всередині організму незалежно від напрямку руху крові.

Функції, які можуть виконувати нанороботи:

- локальна доставка ліків до клітин;
- відновлення клітин на атомному рівні;
- складання карти кровоносних судин;
- аналіз ДНК та отриманих вимірювань;
- боротьба з вірусами, бактеріями.

Нанороботи мають багато використань, розглянемо деякі з них.

Виявлення та лікування раку. Центром молекулярного дизайну Інституту біотехнології ASU Bioesign спільно з дослідниками Національного центру нанонауки та технології Академії наук Китаю розроблено наноробот, який складається з ДНК молекул, може транспортувати ліки безпосередньо в центр пухлини, при цьому створюючи бар'єр для заборони проникнення поживних речовин всередину. Прилад опробовано на мишах та карликових свинках з раком різних категорій. При використанні такого методу тромб виникав тільки при знаходженні наноробота всередині кровоносних судин пухлини. Було отримано наступні результатом досліджень: нанороботи не викликали помітних змін при згортанні крові та не поширились в мозок, тобто не було виявлено небажаних ефектів. На даний момент вчені продовжують роботу над винайденою технологією, прогножуючи клінічні випробування.

Нанороботи, виготовлені з суміші полімеру та трансферина – білка, який завдяки своїй молекулярній особливості, здатен розпізнавати клітини пухлини, здатні знаходити та знешкоджувати клітини ракових пухлин. Вони містять хімічний датчик, що при взаємодії з

пухлинними клітинами вивільняє спеціальні речовини, під впливом яких РНК клітин вимикають відповідальний за рак ген. При цьому деактивується рибонуклеїнова редуктаза – пов'язаний з розвитком раку білок, створений непрацездатним геном. Здійснена перевірка терапії наночастинками показала їх працездатність.

Діагностика та лікування цукрового діабету. Правильний рівень глюкози в крові для людини є важливим для людини. Датчиком для визначення рівня глюкози у хворого на діабет є молекула hSGLT3. Створений наноробот має вбудований оксид CMOS розміром ~2 мкм. Він біосумісний з організмом людини й дозволяє вимірювати рівень глюкози в крові завдяки вбудованому хемосенсору з модуляцією hSGLT3 (білкова глюкосенсорна активність). Наноробот може ефективно визначити необхідність ін'єкції інсуліну чи іншого призначеного лікарського засобу. Вимірювальні дані за допомогою радіочастотних сигналів передаються на мобільний телефон пацієнта. Таким чином при підвищенні рівня глюкози до критичного рівня пацієнт отримує сповіщення на телефон, окрім цього наноробот запрограмований на вимірювання рівня цукру під час прийому їжі та будь який час, за бажанням пацієнта.

Наноробот — переносник кисню. «Респіроцит» — це штучні механічні еритроцити, уявний наноробот, який плаває в кровотоці. По суті, це невеликий резервуар під тиском, який може бути насичений молекулами кисню ( $O_2$ ) і вуглекислого газу ( $CO_2$ ). В разі необхідності ці гази може бути вивільнено з невеликого резервуара в контрольований спосіб. Атоми вуглецю розташовані, як алмаз, у структурі пористої ґратки всередині сферичної оболонки. Зовні пристрою є датчики концентрації газу. Коли наноробот проходить через легеневі капіляри, парціальний тиск  $O_2$  високий, а  $CO_2$  — низький, тому бортовий комп'ютер повідомляє сортувальним роторам завантажити баки киснем і скинути  $CO_2$ . Коли парціальний тиск  $CO_2$  відносно високий, а  $O_2$  — відносно низький, бортовий комп'ютер дає команду сортувальним роторам випускати  $O_2$  і поглинати  $CO_2$ . Респіроцити імітують дію природного червоного гемоглобіну клітини крові, але вони можуть доставити в 236 разів більше кисню на одиницю об'єму, ніж природні червоні клітини. Респіроцити також мають деякі датчики для отримання акустичних сигналів від лікаря, який використовуватиме ультразвуковий передавач для зміни поведінки респіроцитів, коли вони ще знаходяться всередині тіла пацієнта.

Мікробіодні нанороботи. Основною функцією мікробіодних нанороботів є знищення мікробіологічних патогенів, виявлених в крові людини. Вони могли би патрулювати кровотік, шукаючи і перетравлюючи небажані патогени, включаючи бактерії, віруси або грибки. Вводячись внутрішньовенно, вони би домоглися повного зникнення навіть найважчої

септицемії інфекцій протягом годин або менше. Це набагато краще, ніж потрібні тижні чи місяці природного фагоцитарного захисту за допомогою антибіотиків.[4, 5]

Таким чином, з наведеного матеріалу відмітимо, що можливості нанороботів практично безмежні. Саме ці маленькі роботи здатні вирішити великі проблеми, пов'язані з людським здоров'ям, можуть дістатись туди, куди не добереться скальп хірурга, відновити пошкоджену тканину або знищити злоякісну пухлину без ризику для життя. Тому саме вони є одним із найефективніших методів лікування та профілактики.

### Список використаних джерел

1. Розенфельд Л.Г., Москаленко В.Ф., Чекман І.С., Мовчан Б.О. Нанотехнології, наномедицина: перспективи наукових досліджень та впровадження їх результатів у медичну практику. URL: <https://www.umj.com.ua/article/2588/nanotexnologii-nanomedicina-perspektivi-naukovix-doslidzhen-ta-vprovadzheniya-ix-rezultativ-u-medichnu-praktiku>.
2. Заячук Д.М. Нанотехнології в медицині та біології. Львівська політехніка. 2022. 304 с.
3. Чехун В.Ф. Нанотехнології в онкології: від теорії до молекулярної візуалізації та керованої терапії. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/38341167.pdf>
4. Федонюк Л.Я., Остафійчук Д.І., Шаповалов М.О. Нанотехнології в медицині. Сучасність та перспективи. Буковинський медичний вісник. Том 19, № 3 (75), 2015. С. 267-269.
5. Abid Haleem, Mohd Javaid, Ravi Pratap Singh, Shanay Rab, Rajiv Suman. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2023.02.008>.
6. Aggarwal M, Kumar S (September 20, 2022) The Use of Nanorobotics in the Treatment Therapy of Cancer and Its Future Aspects: A Review. Cureus 14(9): e29366. doi:10.7759/cureus.29366.

УДК 539.21; 541.182; 548.5; 620.18

Ткачук І.Г.

## НАНОРОЗМІРНІ ПЛІВКИ $Mn_2O_3$ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ДАТЧИКІВ ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ У ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРИСТРОЯХ

*Буковинський державний медичний університет, Чернівці*

*[tkachuk.ivan@bsmu.edu.ua](mailto:tkachuk.ivan@bsmu.edu.ua)*

### Анотація

Досліджені умови виготовлення фоточутливих анізотипних гетеропереходів  $Mn_2O_3/n$ -InSe методом низькотемпературного спреї-піролізу тонких нанорозмірних плівок  $Mn_2O_3$  на кристалічні підкладки  $n$ -InSe для використання їх у датчиках перевірки якості фармацевтичних препаратів. На основі аналізу температурних залежностей прямих і зворотних ВАХ встановлена динаміка зміни енергетичних параметрів та з'ясована роль енергетичних станів на межі гетеропереходу при формуванні контактної різниці потенціалів. Досліджено та визначено величину послідовного опору а також вплив опору на енергетичні