



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок
«Персоналізовані біоінженерні скаффолди для остеохондральної регенерації, отримані
методом адитивного виробництва з покращеними властивостями поверхні»

Назва конкурсу: «Підтримка досліджень провідних та молодих вчених»
Регістраційний номер Проєкту: 2020.02/0223

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0223 «Персоналізовані біоінженерні скаффолди для остеохондральної регенерації, отримані методом адитивного виробництва з покращеними властивостями поверхні»

Рішення Наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих вчених» протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік
Тривалість виконання Проєкту у 2021 році
Початок – 30.04.2021
Закінчення – 15.12.2021

Загальна вартість Проєкту, грн. 11 735 700,00

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 1 991 000,00 грн.

2-й рік 4 744 700,00 грн.

3-й рік 5 000 000,00 грн.

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 7 виконавців, з них:

доктори наук 2;

кандидати наук 1;

інші працівники 4.

**3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(І)
СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ**

Грантоотримувач

Сумський державний університет

Код ЄДРПОУ - 05408289

Код(и) КВЕД - 85.42

Стратегічні напрями наукової діяльності - Біологія та охорона здоров'я, Гуманітарні науки та мистецтво, Математичні та природничі науки, Суспільні науки, Технічні науки

ПІБ керівника підприємства/установи/організації – Карпуша Василь Данилович
Юридична адреса підприємства/установи/організації - 40007, Сумська обл., м. Суми, Зарічний район, вул. Р.-Корсакова, буд. 2
Фактична адреса - 40007, Сумська обл., м. Суми, Зарічний район, вул. Р.-Корсакова, буд. 2
Телефон - +38(044) 687-764

Організації – субвиконавці:

1) ТОВ «Центр матеріалознавства»
Код ЄДРПОУ - 23716356
Код(и) КВЕД - 72.19
Стратегічні напрями наукової діяльності - Матеріалознавство, Інженерне матеріалознавство, Технічні науки, Біотехнології, Фізична хімія, Накопичувачі енергії
ПІБ керівника підприємства/установи/організації - Гогоці Олексій Георгійович
Юридична адреса підприємства/установи/організації - 01034, м. Київ, вулиця Ярославів Вал/Олеся Гончара, будинок 19/33-А
Фактична адреса - 03142, м. Київ, вул. Кржижановського, буд. 3
Телефон - +38(044)2332443

2) Приватне підприємство “ЕКСІМА” (Запоріжжя, Україна).
Код ЄДРПОУ - 32811416
Код(и) КВЕД - 86.10, 86.21, 86.22, 72.19
Стратегічні напрями наукової діяльності - Виробництво, продаж виробів медичного призначення, надання медичних послуг, дослідження в галузі медицини
ПІБ керівника підприємства/установи/організації - Міщенко Олег Миколайович
Юридична адреса підприємства/установи/організації - 69120, м. Запоріжжя, вул. Спартака Маковського 4, прим. 1,2
Фактична адреса - 69120, м. Запоріжжя, вул. Спартака Маковського 4, прим. 1,2
Телефон - +38(098)3880550

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

розробка інноваційної стратегії персоналізованої корекції уражень кістково-хрящових з'єднань за допомогою нових двофазних металевих/полімерних каркасів з покращеними властивостями поверхні

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

1. Розробка твердої частини імплантату методом SLM;
2. Модифікація поверхні пористих металевих скаффолдів;
3. Розробка замінників м'якої частини імплантату;
4. Вивчення структурних, фізичних та хімічних властивостей;
5. Розробка тканининно-інженерних конструкцій з використанням персоналізованих двофазних металевих/полімерних конструкцій;
6. Оптимізація отриманих персоналізованих двофазних остеохондральних трансплантатів.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Враховуючи критерії відповідності механічних властивостей, хімічної стійкості та біосумісності, саме титанові та цирконієві імплантати можуть бути використані для виготовлення замінників кісток. Крім металів, для отримання скаффолдів, може використовуватися кераміка на основі Са-Р (гідроксиапатит (ГА)) та полімери (природні чи синтетичні). Тому скаффолди на основі титану повинні бути модифіковані, з метою покращення їх остеогенних властивостей

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Нові двофазні скаффолди, розроблені в рамках проєкту, впливатимуть на хірургічні стратегії остеохондральної регенерації, підвищення якості життя пацієнта, а також скорочення

часу одужання та післяопераційних ускладнень. Новий продукт може бути реалізований на українському ринку через міжгалузевий характер проекту та матиме позитивний вплив на місцеву економіку.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Проект буде виконаний у 9 етапів, які включають в себе створення металевих та полімерних скаффолдів з модифікованою поверхнею (із залученням інноваційних методів хімії та оптики), визначення їх остеогенного та хондрогенного потенціалу зі створенням тканинно-інженерних конструкцій і випробуванням їх ефективності. При цьому, інноваційний аспект полягає в поліпшенні керованого росту тканин на двофазних металевих/полімерних складних скаффолдах.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проекту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проекту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

Виконання дослідження дозволило отримати нові наукові результати, зокрема щодо методики створення системи для формування LIPSS на поверхні імплантатів складної геометрії, що надасть можливість формувати остеоіндуктивну поверхню на тривимірних імплантатах. Досліджено вплив режимів LIPSS та структуру та біологічні властивості поверхні і доведено можливість управління процесами проліферації клітин за допомогою LIPSS. Запропонована процедура дозволить включити у виробничий ланцюжок процес текстурування на основі LIPSS без необхідності розрахунку дуже складних програм обробки деталей і використання дорогих 5-осьових високоточних маніпуляційних систем.

За допомогою плазмової електролітичної оксидзації створене керамічне покриття на поверхні сплавів TiZrNb. Доведено, що додавання ZnO до електроліту змінило хімічний склад покриття зі зменшенням концентрації Ca і P та утворенням метафосфатів. Нова поверхня, завантажена ZnO, забезпечила належне середовище для адгезії клітин остеобластів і виявила антибактеріальну активність.

В рамках виконання етапу вдосконалена методика отримання наноламінітів MXene та їх депозиція на наноструктурованих мембранах, отриманих методом електропрядіння. Вперше встановлені чіткі межі токсичності MXene складу Ti₃C₂ та доведена наявність аутокаталітичної властивості, що має бути використано для корекції дослідів з використанням резазурину. В роботі проведене детальне вивчення структури та хімічного складу двофазних PCL-MXene композитних матеріалів та встановлений рівномірний розподіл MXene на поверхні нановолокон. Встановлено наявність електропровідності PCL-MXene композитних матеріалів та проаналізовані механізми передачі електронів. Вперше встановлене накопичення MXene на поверхні клітин різного походження та встановлені взаємозв'язки між розміром наноламінітів та їх токсичністю.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

В роботі вперше доведена можливість застосування методу лазерної абляції (LIPSS) для створення нанопатернів на імплантатах складної геометрії, що дозволяє зменшити вартість та час обробки матеріалів на відміну від існуючих методик, таких як нанолітографія. Нова поверхня продемонструвала високий остеоадгезивний потенціал, який перевершує стандартні поверхні після піскоструменевої обробки та SLA. Вперше продемонстрована можливість створення керамічної кальцій-фосфатної поверхні на низькомодульних сплавах для застосування в ортопедії і травматології. На відміну від традиційних титанових сплавів, TiZrNb композит здатен зменшити прояви ефекту стресового зміщення та знизити кількість пізніх післяопераційних ускладнень. Додаткова остеоіндуктивна поверхня дозволить збільшити біосумісність та остеоінтеграцію імплантатів.

Перевагою створення композитних PCL-MXene мембран, які отримані методом електропрядіння є наявність струмопровідності та зростання активної поверхні як за рахунок нановолон, так і через значну питому площу наноламінітів MXene. Основною відмінністю отриманих результатів є поетапне нашарування MXene, що забезпечує рівномірне розташування наноламінітів не лише на поверхні, але й всередині пор нановолоконної мембрани.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці нових методик модифікації поверхні металевих імплантатів складної геометрії, що може бути використане під час виробництва засобів медичного призначення для стоматології, ортопедії і травматології. Додатково, дослідження нового низькомодульного сплаву та визначення особливостей процесів формування кальцій-фосфатного покриття методом плазмової електролітичної оксидзації може бути використана для створення нового класу імплантатів для попередження розвитку ефекту стресового зміщення, який є причиною пізніх післяопераційних ускладнень. Це може зменшити навантаження на систему охорони здоров'я через зниження сукупної вартості лікування патології опорно-рухового апарату, зокрема протезування кульшового та колінного суглобів, для яких характерний розвиток ускладнень через ефект стресового зміщення.

Визначення особливостей створення двохфазних PCL-MXene нановолоконних композитів може лягти в основу розробки нових матеріалів як для ортопедії і травматології, так і для інших галузей медицини, таких як нейрохірургія та кардіологія, зокрема через наявність у композитів високої струмопровідності. Також можливо впровадження даної технології для розробки гнучкої електроніки.

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

Результати роботи будуть використані в першу чергу для зростання потенціалу наукових груп, задіяних у виконанні проєкту, а також української науки в цілому через оприлюднення результатів у престижних наукових виданнях та їх апробації на міжнародних наукових форумах. Це надасть можливість поширити нові знання, отримані в результаті виконання проєкту та знайти нових партнерів для продовження виконання дослідження. Для впровадження науково-практичних результатів дослідження буде проведений пошук потенціальних партнерів для використання у виробництві імплантатів технологій LIPSS та PEO, які розроблені упродовж етапу виконання проєкту. Упродовж наступного етапу планується подача патентів на винахід для захисту інтелектуальних прав виконавців проєкту. Окрім цього, нові науково-дослідні та інноваційні знання будуть використовуватись у галузі матеріалознавства та тканинної інженерії, біотехнології та нанотехнології, клітинної біології та експериментальної медицини.

Отримані результати також будуть використані для подачі спільних проєктів як за конкурсами НФД, МОН, так і за конкурсами програми Горизонт-Європа. Крім цього, нові методи дослідження будуть використані при підготовці здобувачів наукового ступеню доктора філософії зі спеціальності 222- Медицина.

Примітка: Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування

Науковий керівник Проєкту

Завідувач кафедри наноелектроніки
та модифікації поверхні

Погребняк О.Д.

(підпис)