



Науково-виробнича лабораторія «Біонанокомпозит»

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

2021-2025 р.р.



НАУКОВИЙ КЕРІВНИК

СУХОДУБ ЛЕОНІД
ФЕДОРОВИЧ

член-кореспондент НАН
України, доктор фізико-
математичних наук, професор





ЛАБОРАТОРІЯ "БІОНАНОКОМПЗИТ"

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ДІЯЛЬНОСТІ

Біонаноматеріали для медицини: створення нанокомпозитів для тканинної інженерії, антимікробних покриттів, систем доставки ліків.

Екологічні нанокомпозити: сорбенти для біологічних рідин (хірургічні сорбційно-аспіраційні дренажі).

Композити з біополімерами: поєднання природних полімерів із нанонаповнювачами для створення біорозкладних матеріалів, дослідження умов синтезу та методів (3D друк) на властивості.

Молекулярне та нанорівневе моделювання: прогнозування властивостей нових композитів.

Дослідження складу: Визначення вмісту лікарських засобів, вітамінів, амінокислот у біологічних об'єктах.

КОЛЕКТИВ ТА КОНТАКТИ



Суходуб Людмила
PhD, старший науковий співробітник, h-15



Кумеда Марія
PhD, h-8



Божко Наталія
Доктор наук, доцент, h-7



Кореньков Олексій
Доктор медичних наук, професор, h-2

Контактна інформація

м. Суми, вул. Харківська 116, Сумський державний університет, Ц 206.

тел. +380542687872, +380542687734.

e-mail: _sukhodub@yahoo.com;
l.sukhodub@med.sumdu.edu.ua

ОБЛАДНАННЯ

Матеріальна база лабораторії представлена:

- Високоєфективний рідинний хроматограф Agilent Technologies 1200;
- Ліофільна сушарка Alpha 1-2 LDplus
- Шейкер KS 4000 I control
- Бактерицидна шафа ШБМ-8

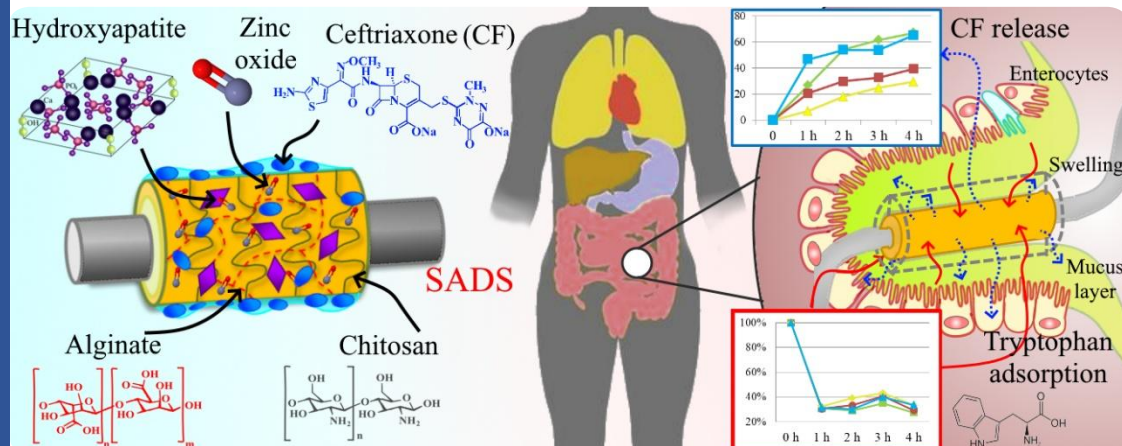


ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ

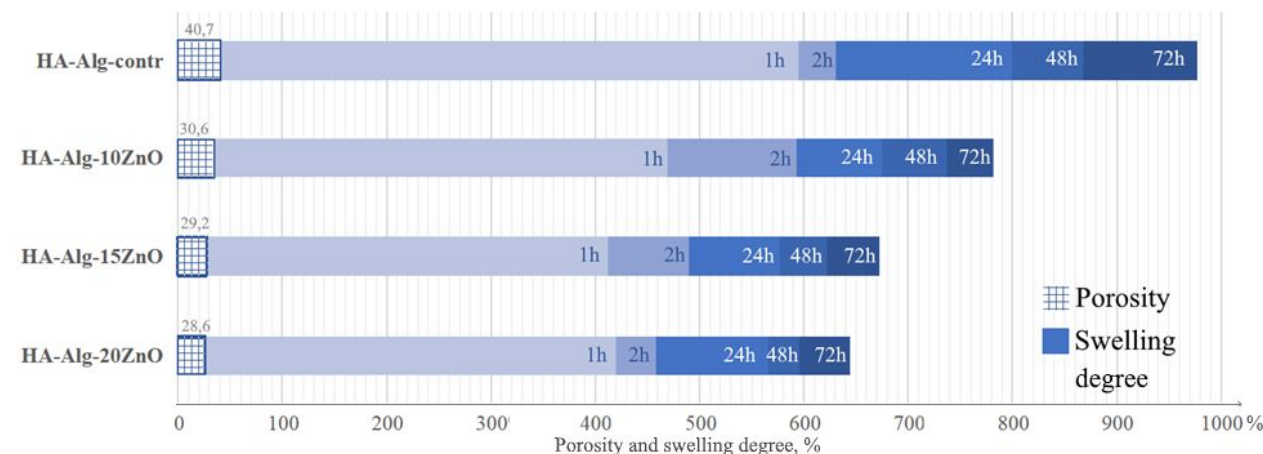
- Синтез наночастинок металів, композитних матеріалів, нанесення покриттів.
- Методи фізико-хімічної та спектроскопічної характеристики матеріалів.
- Дослідження біосумісності та антимікробних властивостей.
- Дослідження адсорбції та вивільнення лікарських засобів (HPLC).

2021 р. – ДРЕНАЖНА СИСТЕМА ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ГНІЙНИХ ПОРОЖНИН

- Композит на основі гідроксиапатиту, оксиду цинку, хітозану та альгінату з функцією пролонгованого вивільнення **цефтриаксону (CF)** створений як **молекулярно-сорбційно-аспіраційна дренажна система (САДС)**, призначена для лікування гнійних порожнин різного генезу, в тому числі перитоніту.



- ZnO структурно стабілізує композит, зменшуючи набрякання в 1,5 і пористість в 1,4 рази.**
- Абсорбція триптофану (Trp) САДС протягом 72 ч з водного розчину становить 80%, в той час як з PBS - 50%.
- Спостерігалися зниження концентрації мікробних клітин *E. coli* на 43% у присутності САДС позитивний терапевтичний патоморфоз *in vivo*.



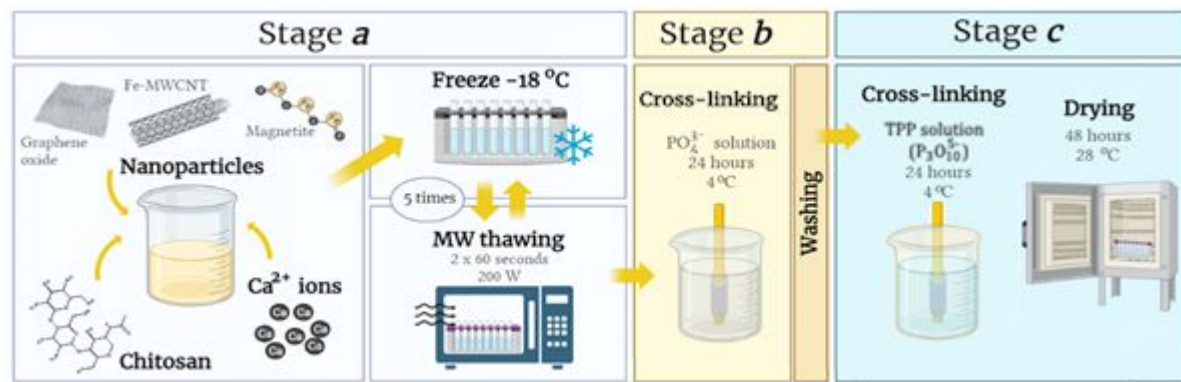
Дослідження набрякання та пористості

Отримання композиту з вмістом наночастинок та лікарського засобу.

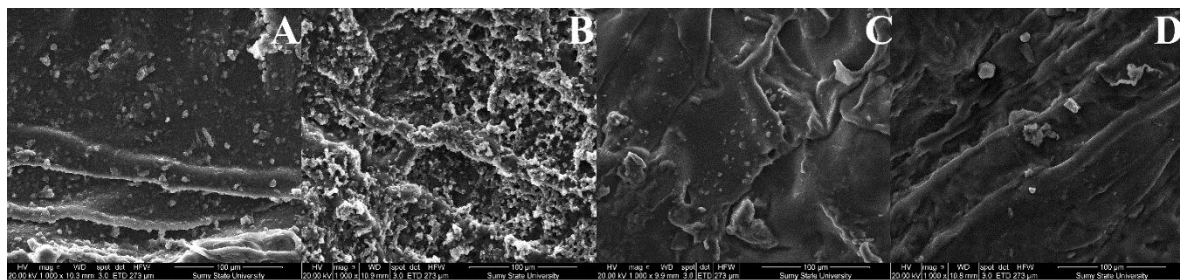
А-В – Вигляд зразку до та після імплантації, імплантований зразок *in vivo*

2022 р. – ВПЛИВ НА СТРУКТУРУ ТА МОРФОЛОГІЮ НЕРВОВИХ КОНДУІТІВ

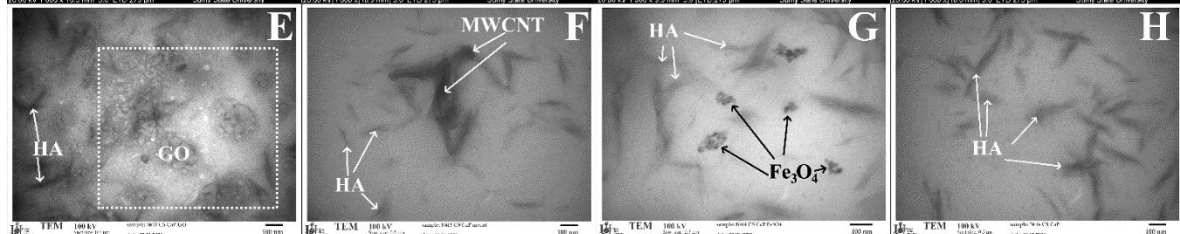
- Створені **лабораторні зразки** біорозкладаних **нервових провідників** на основі хітозан-кальцій фосфатної матриці ($\text{Cs/CaP}=0.45$), модифікованих наночастинками багатшарових вуглецевих нанотрубок ($\text{MWCNT}+\text{Fe}$), оксидом графену (GO), магнетитом (Fe_3O_4) з концентраціями 30, 150 та 300 мкг/мл. В якості CaP компонента було обрано брушит ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) з відносно високою розчинністю 6,59 моль/л.
- Створений матеріал, в якому доля DCPD - $23.7 \pm 0.95\%$, при $\text{Ca/P}=1.0$; низьким ступенем набрякання 68%; Модуль Юнга становить - 780 МПа, (для кортикальної кістки 17000 МПа). Композит повільно піддається деградації.



Отримання гібридного композиту: синхронний синтез включає заморожування та розморожування колоїдної суспензії з вмістом CS та Ca^{2+} (етап а); градієнтне розморожування з мінералізацією брушитом (етап b); додаткове іонотропне зв'язування макромолекул CS іонами $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ (етап с)



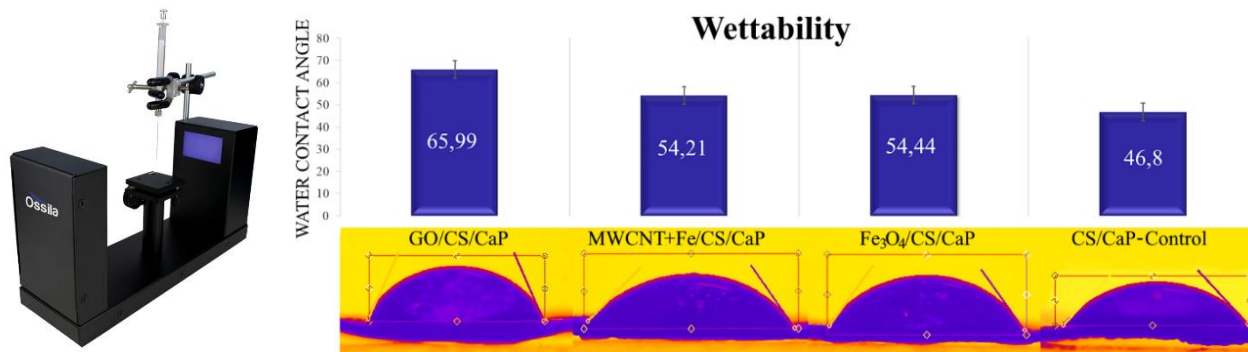
ЕМ-результати синтезованих зразків до та після «зшивання»



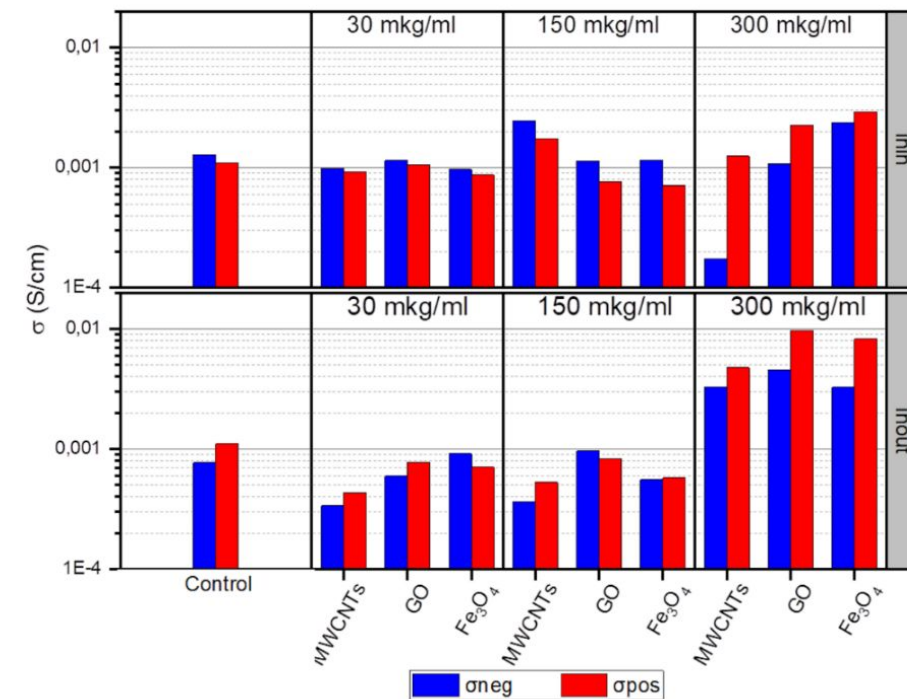
SEM зображення морфології поверхні кондуїтів з вмістом GO, $\text{MWCNTs}+\text{Fe}$, Fe_3O_4 та контрольного зразку; TEM зображення наночастинок

2023 р. – ВПЛИВ НАНОЧАСТИНОК НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ВЛАСТИВОСТІ

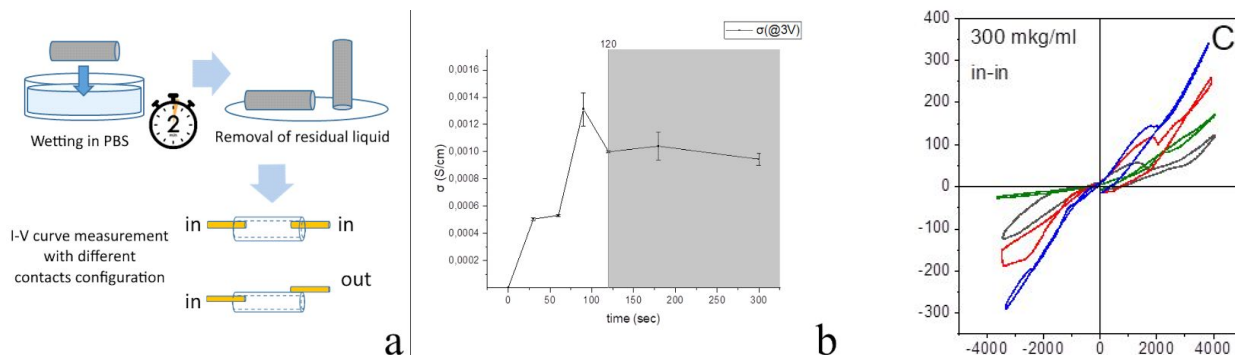
1. Визначений вплив концентрації **GO, MWCNT+Fe, магнетиту** на питому електропровідність матеріалів.
2. Доведено, що зразок 150MWCNT+Fe забезпечує найвищу *in-in* електропровідність (відображає властивості внутрішньої поверхні кондукту). 150GO більш ефективний у *in-out* (відображає властивості наскрізного проходження струму) конфігурації. Знайдено, що зразок 300GO має *in-out* електропровідність $0,71 \cdot 10^{-2}$ См/см, що близько до **природної** нервової провідності $2,35 \cdot 10^{-2}$ См/см.
3. Додавання неорганічних наночастинок зменшує гідрофільність поверхні композитів порівняно до контролю: **Control > Fe₃O > MWCNT > GO**



Крайовий кут змочування поверхні експериментальних композитів з концентрацією наночастинок 150 мкг/мл



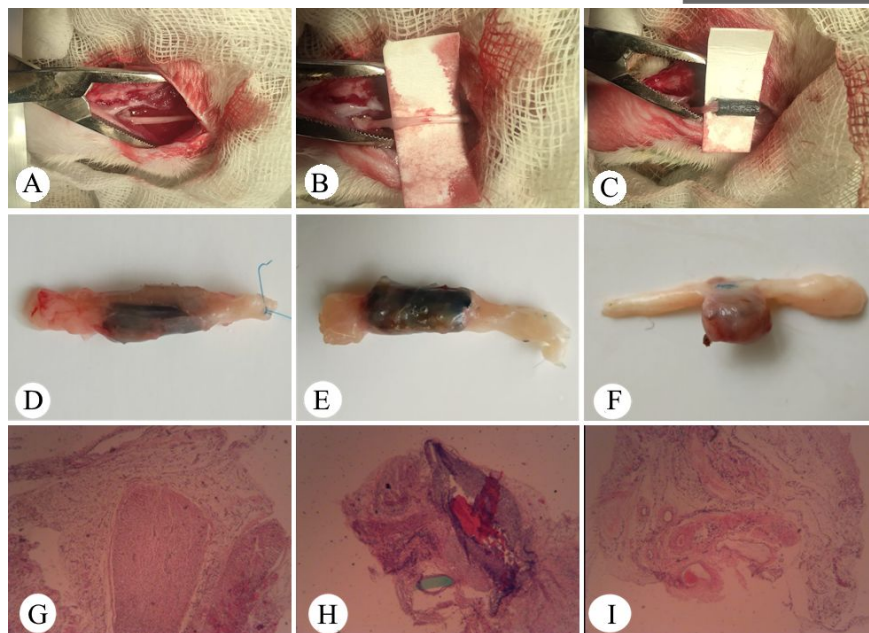
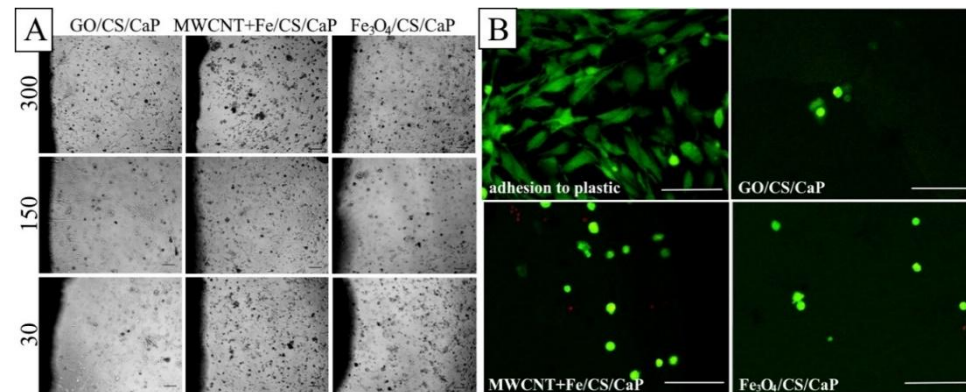
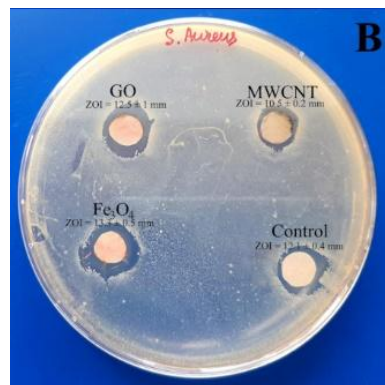
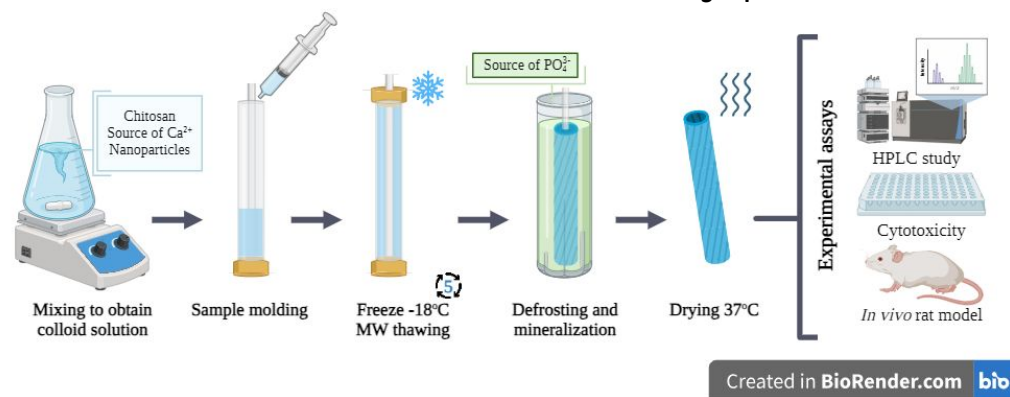
Порівняльна діаграма значень питомої електропровідності досліджуваних зразків, знайдених за прямою та зворотною гілками ВАХ. Згруповані за значеннями концентрації та конфігураціями контактів.



а,б) Вимірювання електричних властивостей при різних конфігураціях контактів, с) Типова ВАХ

2024 р. – БІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ *IN VITRO* ТА *IN VIVO*

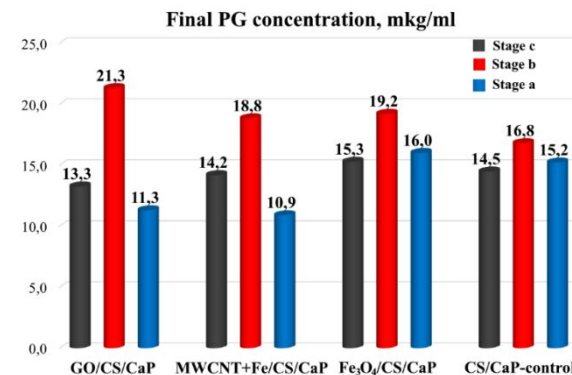
- Експериментальні зразки з вмістом НЧ ≤ 150 мкг/мл є **біосумісними** і **не мають токсичного впливу** на нервові клітини. НЧ практично не знижують життєздатність нервових клітин та не викликають оксидативного стресу. Тільки Fe_3O_4 у концентрації 300 мкг/мл **стимулює апоптоз клітин** у нервових провідниках.
- Доведена залежність кінетичної моделі вивільнення **Прегабаліну** від методу його внесення. **Внесення** до складу композитів **наночастинок GO, MWCNT+Fe та Fe_3O_4** суттєво **збільшує** кількість як адсорбованого, так вивільненого лікарського засобу.



Спостерігалася незначна антимікробна активність щодо грампозитивної бактерії *S. aureus* ATCC 25923

A-I: Етапи імплантації нервового кондуїту. Морфологічні препарати сідничних нервів тварин: D – 1 група, E – 2 група, F- 3 група G – відновлений нерв, H – формування грануляційної сполучної тканини навколо нейрокондуїту. I – явища посиленого фіброзу у тварин 3 групи. A-C – макрофотографії, G-I – гістологічні зрізи з

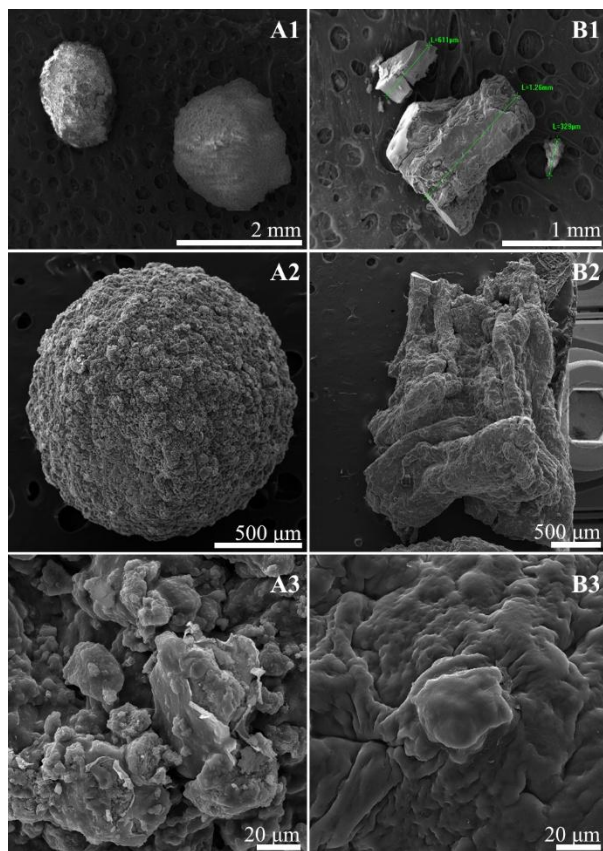
A: Адгезія клітин при наявності нервових провідників (фазово-контрастна мікроскопія); B: Адгезія клітин у нервових провідниках (конфокальна мікроскопія, фарбування FDA/EB) - адгезія до: пластику, 300GO/CS/CaP, 300MWCNTs+Fe/CS/CaP, 300 Fe_3O_4 /CS/CaP. Шкала 100 мкм.



Залежність релізу прегабаліну від стадії його внесення при синтезі експериментальних зразків

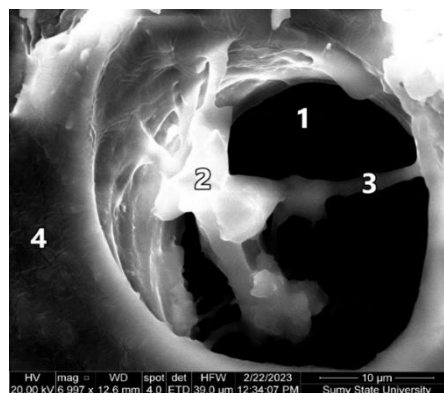
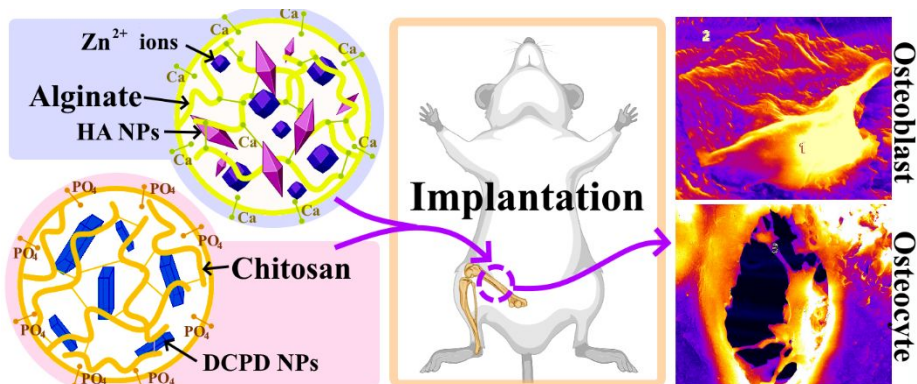
2025 р. – ПОРІВНЯННЯ ОСТЕОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Зроблена оцінка регенеративного потенціалу остеопластичного біоматеріалу на основі альгінату, кальцій дефіцитного гідроксиапатиту, іонів цинку та **ергокальциферолу** при загоєнні експериментального дефекту діафізу стегнової кістки щура;
2. **Доведена біосумісність** наноструктурованого композиту, його остеоіндуктивні властивості та здатність до остеointegraції;
3. Показано **елементи клітин, структуру лакунарної трубчастої системи** регенованої кістки;
4. Біоматеріал сприяє загоєнню дефектів кісток, демонструє остеокондуктивні властивості при незначній швидкості біодеградації.



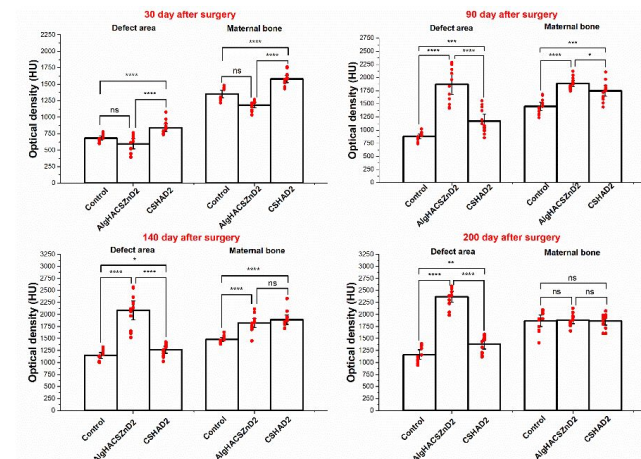
Електронна сканограма експериментальних композитів: A1-A3: Alg_HA.

B1-B3: CS_DCPD. Збільшення (Magn.) X40, X45, X1000

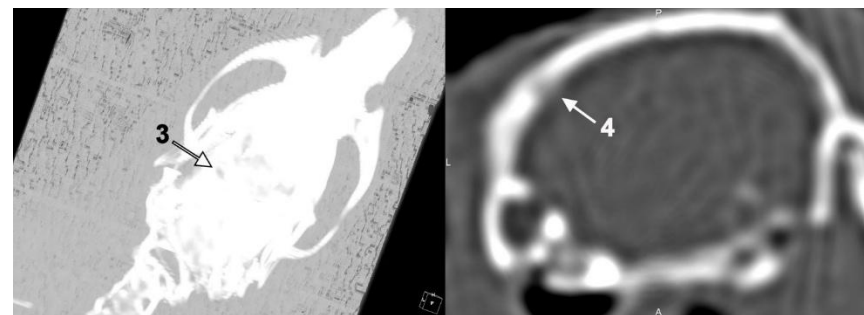


Кісткова лакуна (1), тіло (2) та відростки (3) остеокита в регенованій кістковій тканині (4), що утворилися в середині біоматеріалу Alg_HA на 90-й день після нанесення дефекту.

[Biomaterials and Biosystems Volume 18, June 2025, 100112](https://doi.org/10.1016/j.biosy.2025.100112)
[10.1016/j.biosy.2025.100112](https://doi.org/10.1016/j.biosy.2025.100112)



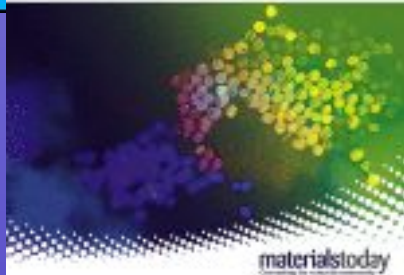
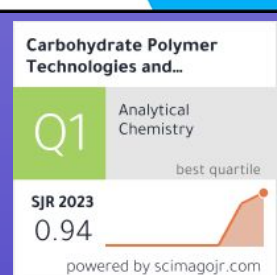
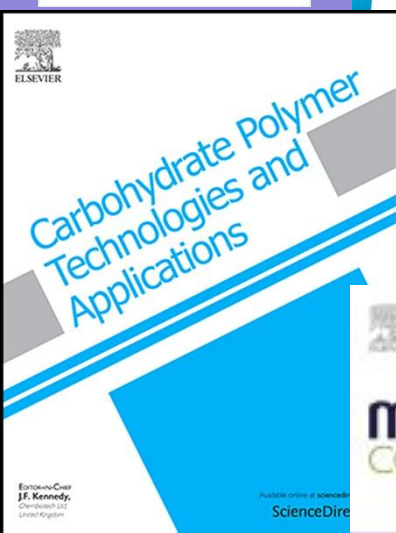
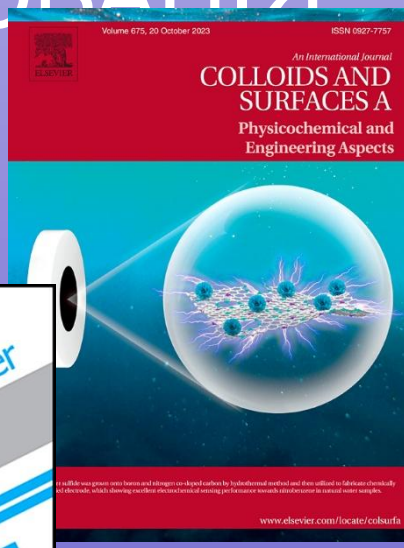
Дані варіаційно-статистичної обробки ($M \pm m$) AOD дефектної області та прилеглої МВ в одиницях Хаунсфілда



Комп'ютерні томограми черепа щура на 140-й день після імплантації біоматеріалів у область дефекту тім'яної кістки

[Heliyon, 2024 Jul 3;10\(13\):e33868](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33868)
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33868>

ОПРИЛЮДНЕННЯ ТА АПРОБАЦІЯ



Наукові публікації (2021-2025 рр):

Статті в журналах (*Scopus та WoS*) – **16** (6 - Q1, 4 - Q2, 3 - Q3)

Статті у фахових виданнях України – 5

Тези конференцій – 20 (7 - *Scopus*)

Розділи монографії **іноземною мовою** – 2 (*Chapter 2-3 Advances in Materials Science Research. Volume 53. New York: Nova; 2022. P. 63-123*)

Монографія – 1 (*Леговані наночастинками апатит-біополімерні матеріали для остеопластики [Електронний ресурс] : монографія / Л. Б. Суходуб, М. О. Кумеда, Л. Ф. Суходуб. — Суми : СумДУ, 2024. — 164 с.*)

Охоронні документи (патенти):

Отримано **5** патентів на корисні моделі

Оприлюднення результатів: на 18 міжнародних конференціях *Scopus (NAP, KhPIWeek, NMDC та інші)*

Проектна діяльність – колектив лабораторії активно виконував 3 наукові проекти (*МОН, Національний фонд досліджень України*), молодіжний проект за фінансування Чехії, подано низку міжнародних білатеральних та Horizont проектів.