

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Інституту проблем реєстрації  
інформації НАН України  
академік НАН України  
Петров Вячеслав Васильович



**АНОТОВАНИЙ ЗВІТ**  
**про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту**  
**із виконання наукових досліджень і розробок**  
**«Нанозахоплювачі – новий підхід щодо ефективного, неінвазивного та безпечного**  
**біологічного аналізу» (Шифр «Нанозахоплювач»)**  
(назва Проєкту)

**Назва конкурсу:** Конкурс НФДУ «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»

**Реєстраційний номер Проєкту:** 2020.02/0090

**Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок** (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0090 «Нанозахоплювачі – новий підхід щодо ефективного, неінвазивного та безпечного біологічного аналізу»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» (назва конкурсу) протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21

## 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту  
Початок – 29.10.2020;  
Закінчення – 2022 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн. 10 500 000  
Вартість Проєкту по роках, грн.:  
1-й рік 1 100 000  
2-й рік 4 700 000  
3-й рік 4 700 000

## 2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 6 виконавців, з них:  
доктори наук 1;  
кандидати наук 4;  
інші працівники 1.

## 3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(Ї) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

## 4. ОПИС ПРОЄКТУ

#### **4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)**

Метою проєкту є розробка та впровадження нового методу ефективного, неінвазивного та безпечного біологічного аналізу біологічних організмів та систем (організм людини, світовий океан, тощо).

#### **4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)**

1) математичне моделювання та аналіз характерних параметрів методу з метою визначення оптимальних магнітних і оптичних параметрів системи; 2) розроблення магнітної системи маніпулювання наночастинками; 3) розроблення оптичної системи детектування сигналу; 4) проведення розробки та виготовлення магнето-плазмонних наночастинок з наступною функціоналізацією та захистом їхньої поверхні; 5) проведення експериментальних досліджень.

#### **4.3. Детальний зміст Проєкту:**

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Існують системи детектування біологічних компонентів із підсиленням оптичного сигналу за допомогою плазмонного резонансу і системи маніпулювання магнітними наночастинками за допомогою магнітного поля. Розробка гібридних систем, що використовують обидва фізичних явища, знаходиться в зародковому стані, і наявні системи мають низьку продуктивність за кількістю використаного біологічного матеріалу.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Субстанція, яку необхідно зв'язати та проаналізувати, для важливих у біології та медицині випадках знаходиться в екстремально малих концентраціях, що призводить до практичної неможливості її детектування без значного підсилення сигналу. Спільне використання вибіркової магнітної концентрації з резонансним плазмонним підсиленням сигналу та підняття ефективності методу дозволить вирішити проблему.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Для створення магнітної системи, для визначення оптимальної структури плазмонних наночастинок і для розрахунку траєкторії наночастинок будуть застосовані методи математичного моделювання і аналітичні методи розрахунку магнітних полів і розв'язку дифрівнянь. Для синтезу магнітно-плазмонних наночастинок будуть застосовані методи одночасного осадження, техніка мікроемульсії, гідротермальний синтез.

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

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

Розроблено математичну модель магнітно-плазмонних наночастинок (мпНЧ) та розраховано їх фізичні параметри. Адекватність моделі перевірено шляхом порівняння спектрів поглинання мпНЧ, отриманих із використанням моделі, та реальних мпНЧ. Показано, що додавання додаткового (зовнішнього) шару  $\text{SiO}_2$  призводить до зсуву піку поглинання вбік менших довжин хвиль і ефекту «екранування» електричного поля. Показано, що направленість випромінювання диполя є функцією положення відносно мпНЧ, довжини хвилі вимірювання і товщини додаткового шару  $\text{SiO}_2$ .



В ході аналізу наявних парамагнітних і феромагнітних матеріалів, враховуючи вимоги щодо їхньої біологічної нетоксичності та відносно великої питомої намагніченості, було встановлено, що найбільше усім вимогам задовольняє магнетит ( $Fe_3O_4$ ), який відноситься до категорії феромагнетиків, але який в малих об'ємах може переходити в сегнетомагнітну фазу. Через нетоксичність, велику питому намагніченість, доступність саме магнетит було обрано для подальших досліджень.

Розроблено математичну модель поведінки мпНЧ в магнітному полі та визначено параметри системи магнітної маніпуляції. Моделювання руху магнітних наночастинок показало, що для ефективної їх концентрації магнітним полем потрібні сильні магнітні поля із магнітною індукцією в районі одного тесла і його локалізацією по вертикалі в інтервалі одного міліметра. Для досягнення необхідної продуктивності методу таке поле треба створити на площі, що дорівнює принаймні декілька квадратних сантиметрів. Показано, що таку конфігурацію можна створити тільки складною структурою магнітів, що періодично міняють поляризацію намагніченості та запропоновано відповідну конфігурацію магнітної системи у вигляді 1D ґратки довгих магнітів.

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

Науково-технічну продукцію буде розроблено протягом виконання наступних Етапів Проєкту.

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

Розроблена математичну модель поведінки магнітно-плазмонних наночастинок в магнітному полі дозволяє визначити параметри системи магнітної маніпуляції та розробити макет установки виділення магнітних часток з колоїдного розчину за допомогою магнітного поля в область детектування для проведення подальших оптичних досліджень.

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

Розроблені моделі дозволяють розробити ефективні інструменти для маніпулювання та аналізу магнітних мікро/наночастинок, для підвищення їх концентрації та розташування з необхідною орієнтацією в спеціальній області, для оптичного виявлення та аналізу з великою точністю і високою чутливістю. Маніпуляція мікро- та нанорозмірними речовинами відіграє найважливішу роль у сучасній науці та технологіях, починаючи від мікроміксування колоїдних розчинів і суспензій до характеристики місцевих середовищ біологічних систем.

Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування

### **Науковий керівник Проєкту**

провідний науковий співробітник, д.т.н.

(посада)

Лапчук Анатолій Степанович

ПІБ

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)