

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Інституту молекулярної біології і
генетики НАН України
Михайло ЛУКАЛО



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок

Дослідження особливостей формування сучасних біоселективних елементів на основі наноматеріалів різної природи для електрохімічних біосенсорів та сенсорних масивів із заданими та керованими властивостями

Назва конкурсу: Підтримка досліджень провідних та молодих учених
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0097

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0097 «Дослідження особливостей формування сучасних біоселективних елементів на основі наноматеріалів різної природи для електрохімічних біосенсорів та сенсорних масивів із заданими та керованими властивостями»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу **Підтримка досліджень провідних та молодих учених** 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 – 28 квітня 2021 р.

(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)

Закінчення – 15 грудня 2021 р.

Загальна вартість Проєкту: 11 494 500 грн

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 1 880 000

2-й рік 4 724 500

3-й рік 4 890 000

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 10 виконавців, з них:

доктори наук 1;

кандидати наук 5;

інші працівники 4.

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

Грантоотримувач: Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
03143, м.Київ, вул. Заболотного, 150

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Дослідження особливостей формування сучасних біоселективних елементів на основі наноматеріалів для електрохімічних біосенсорів та сенсорних масивів із заданими та керованими властивостями.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Застосування наноматеріалів для підвищення чутливості перетворювачів.

Використання наноматеріалів для покращення процедури іммобілізації ферментів та підвищення їх селективності.

Розробка підходів використання каліксаренів та цеолітів як селективних елементів хемосенсорів. Дослідження та оптимізація аналітичних характеристик біосенсорів на основі наноматеріалів для прямого та інгібіторного аналізу.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

На сьогодні нанотехнології інтенсивно залучаються до розробки біосенсорів, що відкриває широкі можливості для застосування різних принципів детектування одного і того ж аналіту та подальшого створення мультисенсорних приладів. Роботи, що тривають в цьому напрямку, зосереджені на досягненні необхідної чутливості, точності та селективності вимірювання за рахунок використання сучасних наноматеріалів.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Пропонується дослідження особливостей формування біоселективних елементів на основі наноматеріалів різної природи. Керована зміна властивостей отриманих біосенсорів в залежності від поставлених завдань, вибраних біологічно-чутливого елемента, перетворювача та наноматеріалів, а також типу реакції дасть змогу розробляти біосенсори нового покоління із заданими параметрами під конкретні прикладні задачі.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Планується дослідження роботи різних по типу перетворення сигналу електрохімічних перетворювачів (кондуктометричних, амперометричних та потенціометричних) після модифікації їхньої поверхні наноматеріалами різної природи та/або іммобілізації на їхню поверхню низки ферментів (глюкозооксидаза, лактатоксидаза, уреаза, ацетилхолінестераза, бутирилхолінестераза, глутаматоксидаза, аргіназа тощо).

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)

Досліджено можливості застосування наночастинок для покращення процедури іммобілізації ферментів на різних електрохімічних перетворювачах. Проведено оптимізацію умов коіммобілізації ферменту з наночастинками, підбрано оптимальні умови іммобілізації. Розроблено амперометричні біосенсори на основі іммобілізованих ферментів лактатоксидази та глюкозооксидази та проведено функціоналізацію поверхонь амперометричних перетворювачів палладій-платиновими (Pt-Pd) наночастинками шляхом електрохімічного нанесення, іридієвими (Ir) та золотими (Au) наночастинками в матриці мезопористого кремнієвого композиту – з метою покращення їх чутливості та стабільності. Покращено характеристики потенціометричних ферментних біосенсорів на основі рН-чутливих польових транзисторів та іммобілізованої бутирилхолінестерази за допомогою додавання наночастинок золота до складу біоселективної мембрани.

Проведено розробку низки ферментних біосенсорів з використанням нової методики - адсорбції ферментів на цеолітах. Показано перспективність застосування різних цеолітів як адсорбентів ферментів під час виготовлення електрохімічних біосенсорів на основі різних типів перетворювачів. Запропоновані біосенсори мали кращі аналітичні характеристики порівняно з біосенсорами на основі традиційного методу іммобілізації ферментів в парах ГА. Основні переваги методу адсорбції ферментів на цеолітах для виготовлення біосенсорів – простота і швидкість виконання, висока відтворюваність приготування біосенсорів, відсутність необхідності у використанні токсичних сполук тощо.

Досліджено та порівняно електрохімічні біосенсори на основі різних ферментів, іммобілізованих з різними типами цеолітів. Вивчено параметри для отримання оптимальних характеристик біосенсорів, а саме процент цеолітів в мембрані, час іммобілізації в парах глутарового альдегіда та рН середовища. Отримано результати по впливу різних цеолітів на різні ферментативні реакції. Показано, що сорбційні та катіоно-обмінні властивості кліноптилоліту, іммобілізованого в складі мембрани на основі аргінази та уреазі, сприяють підвищенню чутливості біосенсора.

Досліджено перспективність модифікації електрохімічних електродів напівпроникною полімерною плівкою полі-мета-фенілендіаміну з метою збільшення чутливості та покращення селективності. Для оптимізації процесу утворення напівпроникної плівки досліджено чутливість та селективність амперометричних перетворювачів у різних умовах електрополімеризації. Перетворювач з нанесеною на його поверхню ПФД мембраною не проявляє чутливості до електроактивних речовин, що містяться у біологічних зразках (аскорбінової кислоти, цистеїну, сечової кислоти та дофаміну), і може з успіхом звикористовуватись при розробці амперометричних біосенсорів.

За матеріалами роботи підготовлено та опубліковано статті:

O.O.Soldatkin, O.V.Soldatkina, I.I.Piliponskiy, L.S.Rieznichenko, T.G.Gruzina, S.M.Dybko, S.V.Dzyadevych, A.P.Soldatkin. Application of gold nanoparticles for improvement of analytical characteristics of conductometric enzyme biosensors // *Applied Nanoscience*.- 2021.- <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01807-6> (open access).

O.O.Soldatkin, I.S.Kucherenko, D.V.Siediuko, D.Yu.Kucherenko, S.V.Dzyadevych, A.P.Soldatkin. Development of enzyme conductometric biosensor for dopamine determination in aqueous samples // *Electroanalysis*.-2021.- 33.- P.1-10.- <https://doi.org/10.1002/elan.202100257>.

O.O.Солдаткін, O.B.Солдаткіна, B.M.Архипова, I.I.Пилипонський, Л.С.Резніченко, .Г.Грузіна, С.М.Дибкова, С.В.Дзядевич, O.П.Солдаткін. Використання наночастинок золота для покращення аналітичних характеристик кондуктометричних ферментних біосенсорів // *Sensor Electronics and Microsystems Technologies*.- 2021.- 18 (1)- P.20-34.

V.M.Pyeshkova, O.Y.Dudchenko, O.O.Soldatkin, S.A.Alekseev, T.Seker, B.Akata Kurc, S.V.Dzyadevych. Development of three-enzyme lactose amperometric biosensor modified by nanosized poly (meta-phenylenediamine) film // *Applied Nanoscience*.- 2021.- <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01859-8>.

O.O.Солдаткін, B.M.Архипова, I.C.Кучеренко, Д.Ю.Кучеренко, С.В.Дзядевич. Адаптація процедури коіммобілізації ферментів з різними модифікаціями цеолітів на поверхню кондуктометричних перетворювачів // *Sensor Electronics and Microsystems Technologies*.- 2021.- 18 (4).- в друці.

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

Включення наноматеріалів до селективних елементів біосенсорів є запорукою створення над-чутливих та над-експресних вимірювальних приладів.

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

Біосенсорні системи на основі сучасних наноматеріалів та технологій, що є предметом дослідження, спроможні кардинально змінити організацію виробництва діагностичних приладів, систем тестування біологічно-активних, хімічних і токсичних речовин, а також удосконалити контроль параметрів і обробку та аналіз даних в системах охорони здоров'я та довкілля. Найважливішими з характерних ознак таких сенсорних систем є їхня висока чутливість та селективність, простота у використанні та швидкість аналізу, а також широкий діапазон речовин, що можуть бути детектовані. Це визначає можливість, а скоріше необхідність їхнього застосування практично у всіх галузях людської діяльності, включаючи медицину, фармацевтичне, харчове, біотехнологічне та хімічне виробництва, сільське господарство, охорону навколишнього середовища, тощо.

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

Проведення системного теоретичного та експериментального аналізу роботи різних електрохімічних біосенсорів та сенсорних масивів після модифікації наноматеріалами різної природи дозволить покращити аналітичні характеристики розроблюваних біосенсорних систем. Така керована зміна властивостей отриманих біосенсорів та сенсорних масивів в залежності від поставлених завдань, вибраних біологічно-чутливого елемента та перетворювача, а також типу реакції (прямий чи інгібіторний аналіз) дасть змогу розробляти біосенсори з заданими параметрами під конкретні прикладні задачі. Такий підхід дасть змогу зекономити час, зусилля науковців та кошти при розробці нових типів портативних біосенсорних приладів.

Науковий керівник Проєкту

Заступник директора Інституту
Сергій ДЗЯДЕВИЧ

(підпис)

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 10 виконавців, з них:
доктори наук: 1
кандидати наук: 2
ціль працівники: 7

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ ПРОЄКТУ

Грантоотримувач: Інститут молекулярної біології та генетики НАН України
04143, м. Київ, вул. Заболотного, 150