

НАЗВА ДИСЦИПЛІНИ: БІОСЕНСОРНІ ТЕХНОЛОГІЇ. БІОСЕНСОРИ НА ОСНОВІ БІОМАКРОМОЛЕКУЛ ТА БІОМІМЕТИКІВ

Дисципліна вільного вибору аспіранта
ДВА.3.01.01

ВИКЛАДАЧ:

Сергеева Тетяна Анатоліївна, докт.біол.наук, член-кореспондент НАН України, провідний науковий співробітник Інституту молекулярної біології і генетики НАНУ, завідувач кафедри біології ІМБіГ НАНУ e-mail: t_sergeyeva@yahoo.co.uk

ЗАГАЛЬНЕ НАВАНТАЖЕННЯ: 3 кредити ЄКТС

Заняття в аудиторії: 30 години (12 годин – лекційні заняття, 10 годин – семінарські заняття, 6 годин – модульні контрольні роботи, 2 години – консультація)

Самостійна робота слухачів курсу: 60 годин.

АНОТАЦІЯ

Дисципліна «Біосенсорні технології. Біосенсори на основі біомакромолекул та біоміметиків» належить до переліку вибірових навчальних дисциплін, що пропонуються в рамках циклу професійної підготовки аспірантів зі спеціальності біологія на першому році навчання. Вона забезпечує особистісний і професійний розвиток аспіранта та спрямована на отримання знань, необхідних для розробки, створення та адекватної оцінки можливості практичного застосування як нових біоаналітичних приладів та методів із залученням сучасних технологій, так і традиційних біохімічних, імунохімічних та фізико-хімічних методів.

МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ:

ознайомлення з основними поняттями нової галузі науки – біосенсорики, отримання фундаментальних знань з питань розробки та створення нових методів аналітичної біотехнології (біосенсорних пристроїв як на основі природних ферментів та рецепторів, так і їх штучних аналогів), створення біосенсорів з різним типом вимірювання біохімічного сигналу, синтезу штучних аналогів біологічних макромолекул (біоміметиків), а також підготовка аспіранта, як ефективного дослідника в галузі аналітичної біотехнології.

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ, МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ І ФОРМИ ОЦІНЮВАННЯ

Результати навчання	Методи викладання і навчання	Форми оцінювання
Здобувач повинен знати: підходи до створення біоаналітичних пристроїв нового покоління – біосенсорів, сутність методів інтеграції біологічних макромолекул з фізичними перетворювачами, а також основні підходи до створення біосенсорів різних типів, синтезу штучних аналогів біологічних макромолекул (біоміметиків), мати фундаментальні знання щодо принципів роботи	Лекції, семінарські заняття	Модульні контрольні роботи; оцінювання презентацій на семінарських заняттях; іспит з дисципліни.

фізичних перетворювачів сигналу та біохімічних реакцій, що лежать в основі функціонування сенсорів каталітичного типу та афінних сенсорів. <i>Аспірант повинен вміти:</i> творчо використовувати отримані фундаментальні знання у сфері професійної діяльності для розв'язання нових задач у галузі аналітичної біотехнології, біохімії, молекулярної біології, використовувати у навчальній, дослідницькій та викладацькій діяльності знання щодо розробки, створення та застосування як біосенсорів/сенсорних систем та методів із залученням сучасних технологій, так і традиційних біохімічних, імунохімічних та фізико-хімічних методів.		
---	--	--

ЗМІСТ КУРСУ

Вступне слово

В курсі детально розглядаються фізико-хімічні та біологічні основи біосенсорики: I модуль (1 кредит) – сучасні фізичні перетворювачі біологічного сигналу в електричний, основні підходи до інтеграції біомолекул з фізичними перетворювачами; II модуль (1 кредит) – біологічна основа сенсорних пристроїв, селективні елементи біосенсорів каталітичного та афінного типів; III модуль (1 кредит) – сучасні підходи до створення біосенсорів: біосенсорні пристрої на основі штучних аналогів біорецепторів та застосування наноматеріалів у біосенсориці.

Програма курсу «Біосенсорні технології. Біосенсори на основі біомакромолекул та біоміметиків» створена відповідно до вимог підготовки докторів філософії у вищих навчальних закладах та наукових установах і відповідає навчальному плану підготовки докторів філософії за спеціальністю «Е1 – Біологія та біохімія» кафедри біології Інституту молекулярної біології і генетики НАН України.

Курс «Біосенсорні технології. Біосенсори на основі біомакромолекул та біоміметиків» є необхідною складовою підготовки спеціалістів у галузі аналітичної біотехнології, а саме аналітичних пристроїв нового покоління - біосенсорів. Курс охоплює як історичні аспекти та передумови виникнення біосенсорики, так і сучасні досягнення у цій галузі, а також тенденції та перспективи розвитку світової біосенсорної науки. Особливу увагу приділено принципам створення та функціонування біосенсорів, застосуванню наноматеріалів у біосенсориці, а також штучних аналогів біологічних макромолекул, як альтернативи природним ферментам, антитілам та рецепторам.

Окрім фундаментальних знань з біосенсорики, у програмі курсу подано матеріал із практичного застосування здобутих знань зі створення біосенсорів у сучасній біології. Знання, здобуті в результаті засвоєння курсу, можуть бути використані випускниками в подальшій діяльності в галузі біотехнології та молекулярної біології. Програма курсу є міждисциплінарною, містить теми із суміжних галузей науки, зокрема, органічної та біоорганічної хімії, фізики та біоінформатики.

Курс розраховано на здобувачів, які вже ознайомилися з базовими біологічними дисциплінами, зокрема такими як біохімія, загальна мікробіологія та імунологія, генетика, та молекулярна біологія.

Тематичний план

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин				
		лекції	семінари	лабораторні	СР	Модульна контрольна робота
Змістовний модуль 1: Сучасні фізичні перетворювачі біологічного сигналу в електричний, основні підходи до інтеграції біомолекул з фізичними перетворювачами (1 кредит)						
1	<u>Вступ до біосенсорики.</u> Передумови виникнення біосенсорики. Визначення біосенсору. Класифікації біосенсорних пристроїв. Типи біоселективних елементів та перетворювачів. Переваги та недоліки. Основні робочі характеристики біосенсорів. <u>Імобілізація біомолекул на поверхні фізичних перетворювачів.</u> Фізична імобілізація (адсорбція, включення до складу інертного полімеру, імобілізація з використанням напівпроникних мембран, застосування афінних взаємодій). Хімічна імобілізація (ковалентна імобілізація на поверхні фізичного перетворювача, основні типи реакцій) Імобілізація у полімерних матрицях із застосуванням біфункціональних зшиваючих агентів.	2	2		10	
2	<u>Фізичні перетворювачі біологічного сигналу.</u> Сенсори на основі електрохімічних перетворювачів. <i>Амперометричні біосенсори.</i> Типи амперометричних сенсорів та принципи їх роботи. Типи електродів для амперометричного методу вимірювань. <i>Потенціометричні біосенсори</i> на основі іон-селективних польових транзисторів (ІСПТ). Принцип роботи сенсорів на основі ІСПТ. Приклади потенціометричних ензимосенсорів. <i>Кондуктометричні</i>	2	2		10	

	біосенсиори. Принцип кондуктометричного методу вимірювань. Типи електродів для кондуктометричних вимірів. Приклади кондуктометричних ензимосенсорів. Біосенсиори на основі оптичних перетворювачів, оптичних волокон, спектрометрів поверхневого плазмонного резонансу, п'єзоелектричних перетворювачів та термісторів.					
	Модульна контрольна робота №1					2
ЗМ2: Біологічна основа сенсорних пристроїв, селективні елементи біосенсорів каталітичного та афінного типів (1 кредит)						
3	<u>Селективні елементи біосенсорів каталітичного типу.</u> Сенсори на основі іммобілізованих ферментів, мікроорганізмів, живих тканин, надмолекулярних клітинних структур, штучних ферментів.	2	2		10	
4	<u>Селективні елементи біосенсорів некаталітичного типу.</u> Афінні сенсори. Імуносенсиори, ДНК-сенсори, аптасенсиори.	2	2		10	
	Модульна контрольна робота №2					2
ЗМ3: Сучасні підходи до створення біосенсорів: біосенсорні пристрої на основі штучних аналогів біорецепторів та застосування наноматеріалів у біосенсориці (1 кредит)						
5	<u>Сучасні підходи до створення нового покоління біосенсорів.</u> Сенсори на основі біоміметиків. Принцип молекулярного імпринтингу. Ковалентний та нековалентний молекулярний імпринтинг. Класифікація молекулярно-імпринтованих полімерів (МІП). Основні складові МІП. Застосування МІП у аналітичній біотехнології як альтернативи антитілам, рецепторам та ферментам.	2	2		10	
6	<u>Наноматеріали у біосенсориці.</u> Визначення. Основні класи наноматеріалів. Квантові точки у біосенсориці. Вуглецеві наноматеріали для створення біосенсорів. Наночастинки металів та магнітні частинки у біосенсориці.	2			10	
	Модульна контрольна робота №3					2
	ВСЬОГО	12	10		60	6

УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ

Форми оцінювання	Кількість	Максимум балів за 1	Разом
Модульна контрольна робота	3	20	60

Доповідь і презентація на семінарі за обраною темою	3	5	15
Іспит	1		25
Разом			100

ВИМОГИ І КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Види робіт	Кількість балів за один вид робіт	Критерії оцінювання
Модульна контрольна робота	20	Роботу виконано і подано вчасно; автор демонструє належний рівень знань, розуміє основи сучасної біосенсорики і принципи функціонування біосенсорних пристроїв, здатен аналізувати інформацію, мислити логічно.
Модульна контрольна робота	10-19	Роботу виконано і подано вчасно; автор демонструє розуміння не всіх принципів функціонування біосенсорних пристроїв.
Модульна контрольна робота	1-10	Роботу виконано невчасно; автор демонструє прогалини у знаннях основних понять біосенсорики і принципів функціонування біосенсорних пристроїв.
Доповідь та презентація	5	Доповідь зроблена вчасно, використовуючи максимальну кількість сучасних наукових публікацій з обраної теми. Доповідь побудовано логічно та послідовно, автор розуміє проблематику питання та може відповісти на поставлені питання.
Доповідь та презентація	3-4	Доповідь зроблена вчасно, автор не повністю розуміє проблематику питання та може відповісти на частину поставлених питань.
Доповідь та презентація	1-2	Доповідь зроблена невчасно, автор не розуміє проблематику питання, має істотні прогалини у знаннях, не може відповісти на питання.
Участь в обговоренні доповідей	0,5	Здобувач задає питання на семінарах, бере участь у дискусії.
	0	Завдання не виконане у обумовлені викладачем терміни або містить плагіат.

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ЄКТС

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою	За шкалою ЄКТС
	ІСПИТ	
91 – 100	Відмінно	A (відмінно)
81 – 90	Добре	B (дуже добре)
71 – 80		C (добре)
66 – 70	Задовільно	D (задовільно)
60 – 65		E (достатньо)
40 – 59	Незадовільно	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 39		F (неприйнятно)

Мінімальний рівень оцінки за роботу в семестрі з курсу «Біосенсорні технології. біосенсиори на основі біомакромолекул та біоміметиків» (допуск до іспиту) складає 40 балів. У разі отримання оцінки «неприйнятно» (нижче 40 балів) здобувач не допускається до складання іспиту. У разі отримання оцінки «незадовільно» здобувач має право на два перескладання: викладачеві та комісії. Максимальна підсумкова оцінка після перескладання може бути лише «задовільно».

ПОЛІТИКА ДОБРОЧЕСНОСТІ

Виконання навчальних завдань і робота в курсі має відповідати вимогам «Кодексу академічної доброчесності ІМБГ НАНУ», затвердженого Вченою радою ІМБГ НАН України 10 вересня 2019 року, http://imbg.org.ua/docs/education/IMBG_academic_integrity_code.pdf та вимогам «Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Інституті молекулярної біології і генетики Національної академії наук України від 23 червня 2026 року»: <https://www.imbg.org.ua/docs/education/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%83%20%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8>

ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Загальні компетентності

- ЗК-1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК-2 Здатність використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій
- ЗК-3. Здатність самостійно проводити на сучасному рівні актуальні наукові дослідження
- ЗК-4. Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел
- ЗК-5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
- ЗК-6. Здатність працювати в міжнародному науковому просторі
- ЗК-7. Здатність до розробки та управління науковими проєктами
- ЗК-8. Здатність розвиватися, вчитися і самовдосконалюватись
- ЗК-9. Здатність до окреслення та розв'язання на сучасному рівні наукових проблем
- ЗК-10. Здатність діяти з соціальною відповідальністю та громадянською свідомістю

Спеціальні (фахові) компетентності

- СК-1 Здатність застосовувати отримані знання та уміння для вирішення проблем сучасної біології та біохімії
- СК-2 Здатність формулювати наукову проблему та знаходити шляхи її розв'язання, формуючи робочі гіпотези, переосмислювати наявні та створювати нові знання
- СК-3 Здатність визначати завдання біологічного дослідження та обирати адекватні методи для ефективного розв'язання конкретних науково-практичних задач у галузі біології та біохімії
- СК-4 Здатність самостійно проводити наукові дослідження, що ведуть до отримання нових цілісних знань
- СК-5 Здатність до адекватної інтерпретації даних, отриманих в результаті наукового дослідження, та порівняння фактів, виявлених у власних наукових дослідженнях, з сучасними концепціями, гіпотезами та теоріями
- СК-6 Поглиблене знання і розуміння у конкретній галузі біології
- СК-7 Здатність ефективно спілкуватися з широкою науковою спільнотою
- СК-8 Розуміння етичних аспектів наукової діяльності
- СК-9 Здатність розвивати особисте відчуття відповідальності за отримані в ході наукової діяльності результати
- СК-10 Здатність представляти результати власного дослідження широкому загалу фахівців та нефаківців; здатність працювати у команді

ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

- ПР1. Мати сучасні знання в біології: новітні концепції біології, знати сучасне методологічне та інструментальне забезпечення молекулярної біології, молекулярної генетики та біотехнології, інших суміжних предметних галузей знань
- ПР2. Вільно спілкуватися з науковою спільнотою та громадськістю в певній галузі наукової та/або професійної діяльності; представляти результати наукових досліджень у наукових публікаціях у фахових вітчизняних та міжнародних виданнях та на конференціях як державною, так і іноземною мовою
- ПР3. Знати сучасну фахову літературу у галузі дослідження: фундаментальні зарубіжні та вітчизняні праці, представників наукових шкіл
- ПР4. Критично аналізувати наукову літературу та вміти визначати мало досліджені та суперечливі питання; формулювати ідеї та гіпотези, спрямовані на розв'язання досліджуваної проблеми; визначати актуальність власного наукового дослідження, обирати адекватні методи та підходи до його виконання, ініціювати, організовувати та проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької діяльності

ПР5. Вміти творчо застосовувати фундаментальні біологічні знання для адекватної оцінки та розв'язання прикладних задач у галузі біотехнології, молекулярної біології, молекулярної генетики

ПР6. Уміння ініціювати наукові та інноваційні проекти в галузі біології та у суміжних галузях науки, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної доброчесності з урахуванням соціальних, економічних, та правових аспектів; ініціативність та відповідальність під час їх реалізації

ПР7. Формування системного наукового світогляду, методологічної культури науковця, креативного мислення, філософського осмислення шляхів формулювання нових ідей, історичного досвіду розв'язання проблем в галузі дослідницько-інноваційної діяльності, професійної наукової етики

ПРН8. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу великого обсягу інформації, використовувати спеціалізовані бази даних та інформаційні системи

ПР9. Підходити до постановки та виконання експериментального завдання з огляду на сучасні уявлення про молекулярні механізми біологічних процесів

ПР10. Вміти залучати в науково-дослідну роботу як традиційні, так і новітні біотехнологічні методи

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. С.В.Дзядевич, О.П.Солдаткін. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів. / Київ: Наукова думка, 2006.
2. Солдаткін О.О., Сергеева Т.А., Архипова В.М. та ін. Біосенсорні системи за гального та спеціального призначення на основі сучасних біоінженерних та функціональних матеріалів. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 181 с.
3. Demchenko A.P. Introduction to Fluorescence Sensing. V. 1. Materials and Devices. 3rd Edition. – Springer Switzerland, 2021. – 657 P.
4. Demchenko A.P. Introduction to Fluorescence Sensing. V. 2 Target Recognition and Imaging. 3rd Edition. – Springer Switzerland, 2023. – 761 P.
5. Arkhypova V., Soldatkin O., Soldatkin A., Dzyadevych S. Electrochemical biosensors based on enzyme inhibition effect // Chem. Records, 2024, V. 24, e202300214.
6. Dede S., Altay F. Biosensors from the first generation to nano-biosensors // Int. Adv.Res. Engin. J. 2018, V. 2, P. 200-207.
7. Bollella P., Katz E. Biosensors. Recent advances and future challenges // Sensors, 2020, V. 20, 6645.
8. Gundogdu A., Gazoglu G., Kahraman E. et al. Biosensors: Types, applications, and future advantages // J. Sci. Rep. A, 2023, V. 052, P. 457-481.
9. Sergeyeva T, Piletska O, Piletsky S. Rationally designed molecularly imprinted polymer membranes as antibody and enzyme mimics in analytical biotechnology. BBA advances. 2023 Jan 1;3:100070.
10. Shkotova L., Soldatkin O., Arkhypova V., Pyeshkova V., Saiapina O., Sergeyeva T., Soldatkin A., Dzyadevych S. Biosensors. Practical application // In: Stabnikova O., Shevchenko O., Stabnikov V., Paredes-López O. (Eds.). Bioconversion of Food Industry Wastes: Transformation into Value-Added Products. – CRC Press, 2023. – P. 305-352.

11. Kucherenko I.S., Soldatkin O.O., Dzyadevych S.V., Soldatkin A.P. Electrochemical biosensors based on multienzyme systems: main groups, advantages and limitations – a review // *Anal. Chim. Acta*, 2020, V. 1111, P. 114-131.

Додаткова:

12. J.Y.Yoon, Introduction to biosensors. From electric circuits to immunosensor. / Springer, 2013.
13. F.G.Banica. Chemical sensors and biosensors. Fundamentals and applications / John Willey and Sons, LTD, 2012

Фахові журнали:

1. *Analytica Chimica Acta*
2. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*
3. *Analytical Biochemistry*
4. *Analytical Chemistry*
5. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*
6. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*
7. *Biopolymers and Cell*
8. *Biosensors and Bioelectronics*
9. *Biotechnologia Acta*
10. *Journal of Medicinal Chemistry*
11. *Journal of Nanobiotechnology*
12. *Molecules*
13. *Nanomedicine*
14. *Nano Today*
15. *Nature Chemical Biology*
16. *Nature Nanotechnology*
17. *Nucleic Acids Research*
18. *Sensors*
19. *Sensors and Actuators*
20. *Sensors, Electronics and Microsystem Technology*
21. *Talanta*
22. *Ukrainica Bioorganica Acta*