

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННЦ "Інститут біології та медицини"

Кафедра Біохімії



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора

з науково-педагогічної роботи

Юлія ПИСЬМЕННА

«16» 12 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАНОБІОСТРУКТУРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

для здобувачів освіти

галузь знань	G «Інженерія, виробництво та будівництво»
спеціальність	G21 «Біотехнології та біоінженерія»
освітній ступінь	Магістр
освітня програма	Біотехнологія
вид дисципліни	Обов'язкова

Форма здобуття освіти	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2025/2026</u>
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладач: Пірко Я.В.

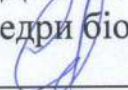
Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

Розробник: Пірко Я.В., вчений секретар Інституту ДУ «ІХБГ НАН України»,
зав. лаб. популяційної генетики, д-р біол. наук, ст. наук. співробітник

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри біохімії

 Олексій САВЧУК

Протокол № 32 від «28» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією ННЦ «Інститут біології та медицини»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Протокол від «24» червня 2025 року №9

Голова науково-методичної комісії  Тетяна ШЕВЧЕНКО
«24» червня 2025 року

1. Мета дисципліни – ознайомити здобувачів освіти з сучасними методами та підходами нанобіотехнології для створення наноприладів, вивчення біологічних систем, а також використання наночипів і нанороботів у медицині.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Успішне опанування навчальних дисциплін «ГМО та ризики їх використання», «Геноміка».
2. Вміння самостійно працювати з науковою та науково-методичною літературою.
3. Володіння базовими навичками системного аналізу.

3. Анотація навчальної дисципліни:

«Нанобіоструктурні технології» охоплюють вивчення нанобіотехнології як окремої та повноцінної дисципліни, що має безпосереднє відношення до сучасних методів отримання та аналізу наноструктурних матеріалів та їх подальшого використання у біології та медицині.

4. Завдання (навчальні цілі):

- сформувані у здобувачів освіти уявлення стосовно протеїн-ліпідних агрегатів;
- дати здобувачам освіти уявлення про супермолекулярні комплекси ДНК, їх синтез, характеристику та властивості;
- ознайомити здобувачів освіти із синтезом неорганічних наночастинок (срібла та золота, окису заліза тощо) та їх застосуванням і використанням в біології та медицині;
- сформулювати уявлення про основні методи аналізу наноструктур, ДНК макроарей, білковий макроарей тощо.
- дати здобувачам освіти уявлення про «живі» наномашини, біосенсиори, біочіпи.
- ознайомити студентів із біоміметичними наноструктурами.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України та тимчасового стандарту КНУ імені Тараса Шевченка (другий (магістерський) рівень вищої освіти (7 рівень НРК України), галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво) дисципліна забезпечує набуття студентами наступних компетентностей:

інтегральної:

Здатність розв'язувати задачі дослідницького або інноваційного характеру у галузі біотехнологій та біоінженерії.

загальних:

ЗК1. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

фахових:

ФК3. Здатність відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних і спеціалізованого програмного забезпечення.

ФК5. Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних або теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання.

ФК6. Здатність планувати і виконувати експериментальні роботи в галузі біотехнології з використанням сучасних обладнання та методів, інтерпретувати отримані дані на основі сукупності сучасних знань та уявлень про об'єкт і предмет дослідження, робити обґрунтовані висновки.

ФК7. Здатність розробляти та вдосконалювати комплексні біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів біоінженерії та природничих наук.

ФК8. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біотехнології в контексті загального розвитку науки і техніки.

ФК9. Здатність застосовувати сучасні методи системного аналізу для дослідження та створення ефективних біотехнологічних процесів.

ФК10. Здатність застосовувати проблемно-орієнтовані методи аналізу та оптимізації біотехнологічних процесів, управління виробництвом, мати навички практичного впровадження наукових розробок.

ФК13. Здатність знаходити адекватні шляхи розв'язання наукових проблем у галузі біотехнології та біоінженерії.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати терміни, поняття та методи, що використовуються у біонаноструктурній технології; структуру та функції наноструктур ДНК; про біоміметуку	Лекції, практичні заняття	Модульна контрольна робота	20
1.2	Знати особливості проведення розрахунків для нанобіотехнологічного синтезу неорганічних наночасток та їх використання в біології і медицині; про створення біосумісних наноматеріалів широкого спектра застосування; про використання вуглецевих наноматеріалів у біології	Лекції, практичні заняття	Модульна контрольна робота	25
1.3	Знати про полімеразну ланцюгову реакцію (ПЛР), ДНК та білковий макроарей; створювати і використовувати біологічні наночипи для діагностики соматичних та інфекційних захворювань; знати про створення геномів, що здатні самовідновлюватися і можуть бути застосовані в біотехнології та наномедицині з метою виробництва ліків; про медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології	Лекції, практичні заняття	Модульна контрольна робота	25

2.1	Вміти створювати супермолекулярні комплекси ДНК (поліплекси, ліпоплекси), ДНК – орігами	Практичні заняття	Звіт по практичним заняттям, контрольна робота	5
2.2	Здійснювати техніко-економічні розрахунки аналізу наноструктур за допомогою спектроскопічних та мікроскопічних методів (конфокальної, флуоресцентної, атомно-силової мікроскопії); здійснювати синтез неорганічних наночасток срібла, золота, окису заліза, нанодотів CdS; використовувати неорганічні наночастки для досліджень <i>in vitro</i> та <i>in vivo</i> ; використовувати вуглецеві наноматеріали у біологічних дослідженнях	Практичні заняття	Звіт по практичним заняттям, контрольна робота	8
2.3	Вміти створювати біологічні наночипів, нанороботів, біосумісних наноматеріалів широкого спектра застосування; створювати геноми, що здатні самовідновлюватися і які можуть бути використані в області біотехнології та наномедицини з метою виробництва ліків; здійснювати перенесення генетичного матеріалу за допомогою векторів	Практичні заняття	Звіт по практичним заняттям, контрольна робота	7
4.1	Самостійно здійснювати пошук, самостійно вивчати та аналізувати наукову літературу та обирати молекулярні та фізико-хімічні методи вирішення певної дослідницької задачі	Самостійна робота	Контрольна робота	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	4.1
Програмні результати навчання								
ПРН3. Здійснювати техніко-економічні розрахунки проєктно-конструкторських рішень та аналізувати та оцінювати їх ефективність, екологічні та соціальні наслідки на коротко- та довгострокову перспективу.			+	+		+		+
ПРН4. Вміти обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проєктів.			+					
ПРН5. Знати молекулярну організацію та регуляцію експресії генів, реплікації, рекомбінації та репарації, рестрикції та модифікації генетичного матеріалу у про- та еукаріотів, стратегію створення рекомбінантних ДНК для цілеспрямованого конструювання біологічних агентів.		+		+	+		+	
ПРН6. Знати та оцінювати основні методичні прийоми культивування еукаріотичних клітин тваринного та рослинного походження, розробляти нові технології їх застосування у наукових цілях, медицині, сільському господарстві тощо.				+	+		+	
ПРН7. Мати навички виділення, ідентифікації, зберігання, культивування, іммобілізації біологічних агентів, здійснювати оптимізацію поживних середовищ, обирати оптимальні методи аналізу, виділення та очищення цільового продукту, використовуючи сучасні біотехнологічні методи та прийоми, притаманні певному напрямку біотехнології.			+		+	+	+	+
ПРН8. Планувати та управляти науково-дослідними, науково-технічними або виробничими проєктами у галузі біотехнології, базуючись на сучасних тенденціях розвитку науки, техніки та суспільства.						+		+
ПРН9. Вміти розробляти, обґрунтовувати та застосовувати методи та засоби захисту людини та навколишнього середовища від небезпечних факторів техногенного та біологічного походження.				+		+	+	
ПРН10. Упроваджувати найбільш ефективні біотехнологічні методи та прийоми у практичну виробничу діяльність на основі оцінки ефективності передових біотехнологій та врахування загальних тенденцій розвитку новітніх біотехнологій у провідних країнах.					+	+	+	+
ПРН19. Оцінювати актуальність досліджуваних наукових проблем, придатність відомих наукових методів для їх дослідження на основі аналізу наявних даних та публікацій у провідних виданнях.								+
ПРН20. Здійснювати змістову постановку задач оптимізації в галузі біотехнології та біоінженерії, їх формалізацію, обирати придатні методи розв'язання таких задач і отримувати їх розв'язки із заданим ступенем точності.			+			+	+	+
ПРН21. Мати навички планування та виконання експериментальних досліджень як особисто, так і у колективі, критичного аналізу отриманих результатів; оформлення результатів досліджень у вигляді звіту, наукової публікації, презентації на наукових та інших заходах.						+		+
ПРН22. Мати навички розробки і реалізації інноваційних проєктів та комерціалізації результатів досліджень і розробок у галузі біотехнології та біоінженерії.			+	+			+	

7. Схема формування оцінки

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1: РН 1.1 – 20 балів/10 балів
2. Модульна контрольна робота 2: РН 1.2 – 24 балів/12 балів
3. Модульна контрольна робота 3: РН 1.3 – 26 балів/13 балів
4. Практичні заняття (звіти): РН 2.1, 2.2, 2.3 – 20 балів/10 балів
5. Контрольна робота: РН 2.1-2.3, 4.1 – 10 балів/5 бали

- підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка з освітнього компонента, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання. Оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються.

Студент отримує залік («зараховано») лише за умови успішного виконання всіх практичних робіт (по кожній не менше 50% від максимально можливої кількості балів), успішного виконання завдань з модульних контрольних робіт (по кожній не менше 50% правильних відповідей).

Підсумкова оцінка за залік виставляється як сума всіх форм семестрового оцінювання і не передбачає додаткових заходів оцінювання для успішних студентів.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1, 2 і 3 проводяться після завершення лекцій з розділів 1, 2 і 3 відповідно. Оцінювання практичних занять (звіти) та контрольних робіт (тестування) здійснюється протягом семестру.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни

Тематичний план

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	самостійна робота
Розділ 1: Нанобіотехнологія Біоміметичні наноструктури. Супермолекулярні комплекси ДНК.				
Лекції:				
1	Нанобіотехнологія. Основні пріоритетні напрямки нанобіотехнології.	1		
2	Протеїн-ліпідні агрегати. Біоміметика, біоміметичні наноструктури.	2		
3	Супермолекулярні комплекси ДНК. Моно- та полімолекулярні ДНК-агрегати.	2		
Практичні заняття:				
4	Пошук потенційних біоміметичних наноструктур.		1	
5	Створення супермолекулярних комплексів ДНК (поліплекси, ліпоплекси)		1	
Самостійна робота:				
6	Зв'язок нанобіотехнології з іншими науками.			5
7	Приклади біоміметики: біологічна, теоретична та технічна біоміметика. Нанотехнології та біоміметика. Робота з різноманітною науковою літературою.			8
8	Структура та функції ДНК. ДНК-орігами. Приклади застосування полі- та ліпоплексів.			8
Розділ 2: «Зелений» синтез наночастинок. Вуглецеві наноматеріали. Синтез наночастинок металів. Квантум-дот наночастинок. Методи аналізу наноструктурних матеріалів.				
Лекції:				
9	Неорганічні наночастки. Синтез наночастинок з плазмонним резонансом.	2		
10	Вуглецеві наноматеріали: фулерени	1		
	Вуглецеві наноматеріали: нанотрубки	1		
11	Плазмонний резонанс – природа явища та можливе застосування у повсякденному житті.	2		
12	RAMAN спектроскопія.	2		
	Вплив умов синтезу наночастинок металів на їх морфологію.	2		
13	Загальна характеристика квантум-дот наночастинок.	2		
Практичні заняття:				
16	Синтез наночастинок срібла та золота. Спектроскопічні методи аналізу наночастинок металів (срібла та золота)		2	
17	Аналіз потенційної здатності фулеренів на наявність цільових функціональних активностей в модельних системах in vitro/in vivo		2	

18	Синтез квантум-дот наночастинок CdS за допомогою <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Escherichia coli</i> , культури бородатих коренів. Мікроскопічні методи аналізу наночастинок (конфокальна, флуоресцентна, атомно-силова мікроскопія)		2	
Самостійна робота:				
	Синтез наночастинок срібла за допомогою біологічних об'єктів: еволюція підходів. Застосування синтезованих наночастинок срібла для практичних цілей та інноваційних впроваджень.			8
	Використання наночастинок золота у сучасній медичній практиці.			5
	Алотропні модифікації вуглецю. Різновиди фулеренів, фізико-хімічні властивості. Вплив фулеренів на біологічні мікро- (клітина) і макро- (організм) об'єкти.			8
	Плазмоніка як наука.			2
	Взаємозв'язок між морфологією наночастинок металів та їх властивостями.			5
	Використання грибів, бактерій та рослин для синтезу напівпровідникових наночастинок.			8
Розділ 3: “«Живі» наномашини. Біологічні нанороботи. Біосенсиори. Біочіпи. Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології.”				
Лекції:				
	«Живі» наномашини.	1		
	Методи аналізу наноструктурних матеріалів.	2		
	Біосенсиори. Біочіпи. Біологічні нанороботи.	2		
	Перенесення генетичного матеріалу за допомогою вірусних векторів.	2		
Практичні заняття:				
	Можливості ПЛР у реальному часі для нанобіоструктурних розробок сучасної біотехнології		2	
	ДНК макроарей. Білковий макроарей		2	
Самостійна робота:				
	Детектування ГМО та хвороб за допомогою біочіпів. Приклади застосування ДНК макроарей аналізу.			8
	Приклади застосування білкового макроарей аналізу.			8
	Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології.			8
ВСЬОГО:		24	12	81

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – 24 год.

Практичні заняття – 12 год.

Консультації – 3 год.

Самостійна робота – 81 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна:

1. Kenneth E. Gonsalves. Biomedical Nanostructures. 540 стр.
2. Jones, Macolm N. and Chapman, David. Micelles, Monolayers and Biomembranes. Wiley-Liss. New York (1995).

Додаткова:

1. Burlaka O.M., Pirko Ya.V., Yemets A.I., Blume Ya.B. Application of Carbon Nanotubes for Plant Genetic Transformation // Nanocomposites, Nanophotonics, Nanobiotechnology, and Applications. Fesenko O., Yatsenko L. (Eds.) – Springer Proc. Phys. – Springer, Switzerland: 2014. – V. 156 – P. 233-256.
2. Borovaya M.N., Burlaka O.M., Yemets A.I., Blume Ya.B. Biosynthesis of quantum dots and their potential applications in biology and biomedicine // Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites, and Surface Studies (Eds. Fesenko O., Yatsenko L.), Springer-Verlag: Springer Proceedings in Physics. - 2015. - Vol. 167, Chapter 24. – P. 339-362.
3. Liu X., Dai Q., Austin L., Coutts J., Knowles G., Zou J., Chen H., Huo Q. A one-step homogeneous immunoassay for cancer biomarker detection using gold nanoparticle probes coupled with dynamic light scattering // J. Am. Chem. Soc. – 2008. – Vol. 130, N9. – P. 2780–2782.
4. Allen, Theresa M. "Liposomal Drug Formulations: Rationale for Development and What We Can Expect for the Future." Drugs 56: 747-756, 1998.
5. Song J. Y., Kim B.S. Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts// Bioprocess Biosyst. Eng. – 2009. – Vol. 32. – P.79–84.
6. Ahmad A., Mukherjee P., Mandal D., Senapati S., Khan M. I., Kumar R., Sastry M. Enzyme mediated extracellular synthesis of CdS nanoparticles by the fungus, *Fusarium oxysporum* // J. Am. Chem. Soc. – 2002. – Vol. 124. – P. 12108-12109.
7. Mude N., Ingle A., Gade A., Rai M. Synthesis of silver nanoparticles using callus extract of *Carica papaya* – A First Report // J. Plant Biochemistry and Biotechnology. –2009. – Vol. 18. – P. 83-86.
8. Борова М.М., Науменко А.П., Пірко Я.В., Круподьорова Т.А., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Отримання квантових точок CdS з використанням гриба *Pleurotus ostreatus* // Доповіді НАН України. – 2014. - № 2. – С. 153 – 159.
9. Борова М.М., Науменко А.П., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Стабільність квантових точок CdS, синтезованих за допомогою бактерії *Escherichia coli* // Доповіді НАН України. – 2014. – № 7. – С. 145 – 151.
10. Borovaya Mariya N, Naumenko Antonina P, Matvieieva Nadia A, Blume Yaroslav B, Yemets Alla I. Biosynthesis of luminescent CdS quantum dots using plant hairy root culture // Nano.Res.Lett. - 2014. – Vol. 9, № 1. – P. 1 – 7.
11. Borovaya M.N., Pirko Ya.V., T.A. Krupodorova, A.P. Naumenko, Ya.B. Blume, Yemets A.I. Biosynthesis of cadmium sulfide quantum dots using *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. // Biotechnol. & Biotec. Eq.– 2015. – Vol.29, № 6. – P.1156 -1163.

Додаток 1

Організація самостійної роботи студентів

Дисципліна: «Нанобіоструктурні технології»

Викладач: старший науковий співробітник Пірко Я.В.

1. Опис тем, що виносяться студентам на самостійне опанування:

Тема 1: Нанобіотехнологія. Біоміметичні наноструктури. Супермолекулярні комплекси ДНК.

Студент повинен *знати*: Зв'язок нанобіотехнології з іншими науками. Приклади біоміметики. Нанотехнології та біоміметика. Структура та функції ДНК. ДНК-орігамі. Приклади застосування полі- та ліпоплексів. Робота з різноманітною науковою літературою.

Студент повинен *вміти*: здійснювати пошук, самостійно вивчати та аналізувати наукову літературу; аналізувати наноструктури за допомогою спектроскопічних та мікроскопічних методів (конфокальної, флуоресцентної, атомно-силової мікроскопії); створювати супермолекулярні комплекси ДНК (поліплекси, ліпоплекси), ДНК – орігамі.

Тема 2. «Зелений» синтез наночастинок. Вуглецеві наноматеріали. Синтез наночастинок металів. Квантум-дот наночастинок. Методи аналізу наноструктурних матеріалів.

Студент повинен *знати*: Синтез наночастинок срібла за допомогою біологічних об'єктів: еволюція підходів. Плазмоніка як наука. Застосування синтезованих наночастинок срібла для практичних цілей та інноваційних впроваджень. Використання наночастинок золота у сучасній медичній практиці. Алотропні модифікації вуглецю. Різновиди фулеренів, фізико-хімічні властивості. Вплив фулеренів на біологічні мікро- (клітина) і макро- (організм) об'єкти. Вплив вуглецевих нанотрубок на різні клітин та організми. Взаємозв'язок між морфологією наночастинок металів та їх властивостями. Використання грибів для синтезу напівпровідникових наночастинок. Використання бактерій для синтезу напівпровідникових наночастинок. Використання рослин для синтезу напівпровідникових наночастинок.

Студент повинен *вміти*: здійснювати синтез неорганічних наночастинок срібла, золота, окису заліза, нанодотів CdS; використовувати неорганічні наночастки для досліджень *in vitro* та *in vivo*; самостійно вивчати та аналізувати наукову літературу;

Тема 3. «Живі» наномашини. Біологічні нанороботи. Біосенсори. Біочіпи. Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології.

Студент повинен *знати*: Детектування ГМО та хвороб за допомогою біочипів. Приклади застосування ДНК макроарей аналізу. Приклади застосування білкового макроарей аналізу. Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології.

Студент повинен *вміти*: створювати біосумісні наноматеріали широкого спектра застосування; створювати геноми, що здатні самовідновлюватися і які можуть бути використані в області біотехнології та наномедицини з метою виробництва ліків; здійснювати перенесення генетичного матеріалу за допомогою векторів; використовувати вуглецеві наноматеріали у біологічних дослідженнях.

Методичні матеріали:

1. Kenneth E. Gonsalves. Biomedical Nanostructures. 540 стр.
2. Jones, Macolm N. and Chapman, David. Micelles, Monolayers and Biomembranes. Wiley-Liss. New York (1995).

3. Burlaka O.M., Pirko Ya.V., Yemets A.I., Blume Ya.B. Application of Carbon Nanotubes for Plant Genetic Transformation // Nanocomposites, Nanophotonics, Nanobiotechnology, and Applications. Fesenko O., Yatsenko L. (Eds.) – Springer Proc. Phys. – Springer, Switzerland: 2014. – V. 156 – P. 233-256.
4. Borovaya M.N., Burlaka O.M., Yemets A.I., Blume Ya.B. Biosynthesis of quantum dots and their potential applications in biology and biomedicine // Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites, and Surface Studies (Eds. Fesenko O., Yatsenko L.), Springer-Verlag: Springer Proceedings in Physics. - 2015. - Vol. 167, Chapter 24. – P. 339-362.
5. Liu X., Dai Q., Austin L., Coutts J., Knowles G., Zou J., Chen H., Huo Q. A one-step homogeneous immunoassay for cancer biomarker detection using gold nanoparticle probes coupled with dynamic light scattering // J. Am. Chem. Soc. – 2008. – Vol. 130, N9. – P. 2780–2782.
6. Allen, Theresa M. "Liposomal Drug Formulations: Rationale for Development and What We Can Expect for the Future." Drugs 56: 747-756, 1998.
7. Song J. Y., Kim B.S. Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts// Bioprocess Biosyst. Eng. – 2009. – Vol. 32. – P.79–84.
8. Ahmad A., Mukherjee P., Mandal D., Senapati S., Khan M. I., Kumar R., Sastry M. Enzyme mediated extracellular synthesis of CdS nanoparticles by the fungus, *Fusarium oxysporum* // J. Am. Chem. Soc. – 2002. – Vol. 124. – P. 12108-12109.
9. Mude N., Ingle A., Gade A., Rai M. Synthesis of silver nanoparticles using callus extract of *Carica papaya* – A First Report // J. Plant Biochemistry and Biotechnology. –2009. – Vol. 18. – P. 83-86.
10. Борова М.М., Науменко А.П., Пірко Я.В., Круподьорова Т.А., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Отримання квантових точок CdS з використанням гриба *Pleurotus ostreatus* // Доповіді НАН України. – 2014. - № 2. – С. 153 – 159.
11. Борова М.М., Науменко А.П., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Стабільність квантових точок CdS, синтезованих за допомогою бактерії *Escherichia coli* // Доповіді НАН України. – 2014. – № 7. – С. 145 – 151.
12. Borovaya Mariya N, Naumenko Antonina P, Matvieieva Nadia A, Blume Yaroslav B, Yemets Alla I. Biosynthesis of luminescent CdS quantum dots using plant hairy root culture // Nano.Res.Lett. - 2014. – Vol. 9, № 1. – P. 1 – 7.
13. Borovaya M.N., Pirko Ya.V., T.A. Krupodorova, A.P. Naumenko, Ya.B. Blume, Yemets A.I. Biosynthesis of cadmium sulfide quantum dots using *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. // Biotechnol. & Biotec. Eq.– 2015. – Vol.29, № 6. – P.1156 -1163.

2. Проведення консультацій:

Консультації проводяться **он-лайн** один раз на тиждень відповідно до графіку проведення консультацій, e-mail: yarvp1@gmail.com

3. Форма оцінювання самостійної роботи студентів:

Самостійна робота студентів буде оцінена за результатами письмових доповідей (рефератів) та тестового контролю у перший тиждень навчання.

Отримані під час самостійної роботи бали додаються до загального рейтингу.