

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ГОЛОВКО

“ ” 2022р.

Робоча програма навчальної дисципліни

БІОМЕДИЧНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ (ІНЖЕНЕРНА ЕНЗИМОЛОГІЯ)

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалавр) \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 10 – "Природничі науки" \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

спеціальність (напрямок підготовки) \_\_\_\_\_ 105 – "Прикладна фізика та наноматеріали" \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

освітня програма \_\_\_\_\_ освітньо-професійна програма "Біомедичні нанотехнології" \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

вид дисципліни \_\_\_\_\_ вибіркова \_\_\_\_\_

(обов'язкова / за вибором)

факультет \_\_\_\_\_ ННІ «Фізико-технічний факультет» \_\_\_\_\_

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»

“26” серпня 2022 року, протокол № 8

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**

Вус Катерина Олександрівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Тарабара Уляна Костянтинівна, доктор філософії, доцент кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Програму схвалено на засіданні кафедри

\_\_\_\_\_ медичної фізики та біомедичних нанотехнологій \_\_\_\_\_

Протокол від “26” серпня 2022 року № 7

Завідувач кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

\_\_\_\_\_   
(підпис)

\_\_\_\_\_ Валерія ТРУСОВА  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми "Біомедичні нанотехнології"

Гарант освітньо-професійної програми "Біомедичні нанотехнології"

\_\_\_\_\_   
(підпис)

\_\_\_\_\_ Ольга ЖИТНЯКІВСЬКА

Програму погоджено науково-методичною комісією

\_\_\_\_\_ ННІ «Фізико-технічний факультет» \_\_\_\_\_  
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “30” серпня 2022 року № 11

Голова методичної комісії \_\_\_\_\_ ННІ «Фізико-технічний факультет» \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_   
(підпис)

\_\_\_\_\_ Микола ЮНАКОВ  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

### 1. Опис навчальної дисципліни

Робочу програму навчальної дисципліни «Інженерна ензимологія» укладено відповідно до вимог стандарту вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 10 – «Природничі науки», спеціальність 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого і введеного в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 16.06.2020 р. № 804.

Навчальна дисципліна «Інженерна ензимологія» є необхідною складовою циклу професійної підготовки фахівців першого освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», в якій розглядаються біотехнологічні процеси, основані на унікальних можливостях ензимів, а саме каталізація своєї реакції *in vitro*, висока специфічність каталізу та ефективно прискорення перебігу реакції при фізіологічних умовах. Це обумовлює розвиток біотехнологічних процесів для отримання високих виходів нових цільових або покращених продуктів, робить можливим створення майже безвідходного, безпечного для довкілля виробництва.

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є формування цілісної системи знань щодо фізико-хімічних основ ензиматичного каталізу, створення каталізаторів з заданими властивостями, межами їх застосування в медицині, біотехнологічних та інших сферах виробництва, для вирішення проблем екології. У процесі вивчення курсу студенти отримують знання про застосування та принципи виготовлення ферментних препаратів, регуляцію каталітичної активності та процесах інгібування, особливостями практичного використання ензимів, їх комплексів та ферментативних процесів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

- формування комплексу знань про принципи, теоретичні основи ензиматичного каталізу та методи його дослідження;
- узагальнення і систематизація знання про основні напрями застосування каталізаторів та принципи конструювання систем на їх основі;
- поглиблення знань про умови отримання виходу продукту, термін служби каталізаторів та їх властивості, особливості регулювання ферментативної реакції;
- набуття здатності проведення експериментальних досліджень.

Вивчення дисципліни «Інженерна ензимологія» спрямовано на забезпечення таких загальних (ЗК) та фахових компетентностей (ФК) за спеціальністю, затвердженого Стандартом вищої освіти:

ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК 6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні

ЗК 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ФК 3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження

ФК 6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

ФК 12. Здатність використовувати комп'ютерне моделювання для дизайну біонанотехнологічних об'єктів із заданими властивостями (зокрема, лікарських

засобів та їх нанотранспортерів, нанорозмірних візуалізуючих агентів для медичної діагностики).

ФК 13. Здатність працювати з біологічними агентами, що використовують у біотехнологічних процесах, зокрема: з білками, нуклеїновими кислотами, мембранами, клітинами, тощо

### 1.3. Кількість кредитів - 4

### 1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна
Денна форма навчання
Рік підготовки
4-й
Семестр
7,8-й
Лекції
48 год.
Лабораторні заняття
14 год.
Практичні заняття
год.
Самостійна робота
58 год.
Індивідуальні завдання
год.

### 1.6. Заплановані результати навчання

Очікувані результати навчання відповідають програмним результатам навчання ОП «Інженерна ензимологія» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»:

ПРН-1. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

ПРН-2. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем

ПРН-3. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з теоретичної та прикладної фізики

ПРН-4. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій

ПРН-5. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів

ПРН-6. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики

ПРН-7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій

ПРН-8. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики

ПРН-9. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації

ПРН-10. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики

ПРН-11. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку

ПРН-12. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи

ПРН-13. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.

Зокрема, відповідно до вимог ОКХ бакалавра прикладної фізики та наноматеріалів, студенти будуть:

**знати:** основні фізичні закономірності, явища та процеси, що лежать в основі ензиматичного каталізу; фізичні та хімічні методи іммобілізації ферментів; застосування іммобілізованих ферментів у клінічній практиці, терапевтичних та аналітичних цілях та біотехнологічних виробництвах; основи біотехнологічних процесів.

**вміти:** обирати носії для іммобілізації ферментів та визначати активність ензимів; проводити дослідження кінетики та інгібування ферментативних реакцій; розраховувати кінетичні характеристики з експериментальних даних; орієнтуватись в особливостях впливу умов навколишнього середовища на ферментативну активність.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

**Тема 1. Інженерна ензимологія як фундаментальна складова біотехнології.** Сутність та основні завдання інженерної ензимології. Ферменти та мультиферментні комплекси. Створення біокаталізаторів з заданими властивостями. Ферменти, що використовуються в біотехнологічних процесах.

**Тема 2. Іммобілізація ферментів.** Поняття іммобілізації. Переваги іммобілізованих ферментів. Гетерогенні каталізатори. Носії для іммобілізації ферментів. Природні і синтетичні, органічні та неорганічні носії. Класифікація носіїв. Поліцукристі, ліпідні, білкові носії. Поліметиленові, поліефірні, поліамідні сполуки пористі кремнеземи, алюмосилікати, оксиди металів, вуглецеві матеріали як носії для іммобілізації ферментів. Поняття місткості носія. Загальні вимоги до носіїв. Модифіковані носії іммобілізованих ферментів.

**Тема 3. Фізичні методи іммобілізації ферментів.** Адсорбція на нерозчинних носіях. Статична та динамічна адсорбція, електроосадження, нанесення в колонці. Способи модифікації носіїв. Модифікація носіїв оксидами металів, гідрофобними сполуками, функціональними агентами. Включення ферментів у тривимірну сітку гелів. Органічні та неорганічні гелі. Використання напівпроникних мембран для іммобілізації ферментів. Мікрокапсулювання. Застосування ліпосом для іммобілізації ферментів. Включення ферментів у волокна. Розподіл ферменту в двофазних системах. Переваги та недоліки різних методів іммобілізації.

**Тема 4. Хімічні методи іммобілізації ферментів.** Типи хімічних реакцій, що лежать в основі ковалентної іммобілізації ферментів. Біфункціональні та поліфункціональні зшиваючі реагенти. Активація носіїв. Види ретикуляції ферментів. Використання міцел поверхнево активних речовин для отримання іммобілізованих ферментів. Реакційноздатні функціональні групи ферментів. Шляхи модифікації каталітичної активності іммобілізованих ферментів. Переваги та недоліки хімічних методів іммобілізації.

**Тема 5. Стабільність іммобілізованих ферментів та іммобілізація клітин.** Поняття стабільності ферменту. Кількісні показники інактивації ферменту. Класифікація іммобілізованих ферментів. Інкапсульовані (вмонтовані) та зв'язані ферменти. Явище адгезії. Фізичні, механічні, хімічні методи іммобілізації клітин. Переваги іммобілізованих клітин над іммобілізованими ферментами.

**Тема 6. Застосування ферментів у клінічній практиці.** Класифікація ферментів плазми крові. Клітинні, секреторні, екскреторні ферменти. Загальна характеристика ферментів, які мають діагностичне значення. Алкогольдегідрогеназа. Альдолази. Альфа-амілаза. Амінотрансферази. Гамма-глутамілтранспептидаза. Глутаматдегідрогеназа. Глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа. Еластаза. Креатинкіназа. Лактатдегідрогеназа. Лейцинамінопептидаза. Ліпаза. 5'-нуклеотидаза. Сорбітолдегідрогеназа. Трипсин. Фосфатази. Холінестераза. Ферменти антиоксидантного захисту. Глутатіонпероксидаза. Глутатіонредуктаза. Супероксиддисмутаза. Каталаза.

**Тема 7. Використання іммобілізованих ферментів в терапевтичних цілях.** Основні напрями ензимотерапії. Лікарські препарати на основі ферментів. Вимоги до носіїв ферментних ліків. Типи наноконтейнерів для терапевтичних ферментів. Регуляція імунного відгуку на ферментні препарати. Способи іммобілізації і застосування терапевтичних ферментів. Екстракорпоральна перфузія з використанням ферментів. Ферментні реактори як протези кровоносних судин. Штучні клітини: мікрокапсули, ліпосоми, тині еритроцитів, оболонки макрофагів. Приклади лікування захворювань людини із використанням іммобілізованих ферментів.

**Тема 8. Використання іммобілізованих ферментів в аналітичних цілях.** Переваги ферментативних методів аналізу. Переваги іммобілізованих ферментів над їх розчинними формами. Реактори з іммобілізованими ферментами. Ферментні мікрокалориметричні датчики для аналізу метаболітів. Ферментні електроди. Біоломінесцентні методи аналізу на основі іммобілізованої люциферази. Мультиферментні біоломінесцентні системи. Мікроаналізатори з іммобілізованими ферментами.

**Тема 9. Імуноферментний аналіз.** Реакція антиген-антитіло. Принципи імунохімічного аналізу. Реакція гемаглютинації. Конкурентне зв'язування міченого і неміченого антигена з антитілами. Застосування маркерів в імунохімічному аналізі. Радіоактивні мітки. Ферментні мітки. Субстратні мітки. Імуноферментні кон'югати. Метод «гібридних антитіл». Методи розділення вільних і зв'язаних маркерів. Твердофазні і гомогенні методи імуноферментного аналізу. Варіанти методу ELISA. Гомогенні методи аналізу ЕМІТ. Гомогенний аналіз на основі біоломінесценції. Приклади застосування імуноферментного аналізу.

**Тема 10. Біотехнологічні застосування іммобілізованих ферментів.** Перетворення крохмалю на глюкозу з використанням іммобілізованої глюкоамілази. Отримання фруктозних сиропів з використанням іммобілізованої інвертази. Отримання глюкози та етанолу з целюлози за допомогою ферментів целюлозного комплексу. Отримання яблучної кислоти за допомогою іммобілізованої фумарази та мікробних клітин. Використання іммобілізованих ферментів у харчовій промисловості.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Тема 1 Інженерна ензимологія як фундаментальна складова біотехнології.		4				6
Тема 2 Імобілізація ферментів		5		2		7
Тема 3. Фізичні методи імобілізації ферментів.		5		2		7
Тема 4. Хімічні методи імобілізації ферментів.		5		2		7
Тема 5. Стабільність імобілізованих ферментів та імобілізація клітин.		5		2		6
Тема 6. Застосування ферментів у клінічній практиці.		5		2		6
Тема 7. Використання імобілізованих ферментів в терапевтичних цілях.		5		2		7
Тема 8. Використання імобілізованих ферментів в аналітичних цілях.		5		2		6
Тема 9. Імуноферментний аналіз.		5				3
Тема 10. Біотехнологічні застосування імобілізованих ферментів.		4				3
<b>Усього годин</b>	120	48		14		58

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

##### Теми лабораторних занять

	Назва теми	Кількість годин
1.	Визначення активності $\alpha$ -амілази та каталази в біологічних рідинах	2
2.	Вивчення впливу температури, рН, активаторів та інгібіторів на активність амілази	2
3.	Гістохімічні методи визначення активності ферментів. Визначення алкого льдегідрогенази, сорбітолдегідрогенази, глюкозодегідрогенази, гліцеролдегідрогенази	2
4.	Визначення глюкозооксидази, лакази, каталази супероксиддисмутази, пероксидази, естерази	2
5.	Конкурентне інгібування сукцинатдегідрогенази маленовою кислотою	2
6.	Основи біотехнологічних процесів	2
7.	Методи виділення накопичувальних та чистих культур мікроорганізмів.	2
	<b>Разом</b>	14

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Галузі сучасної біотехнології	3
2.	Біологічні агенти екологічної біотехнології	3
3.	Одержання та використання ферментних систем в біотехнології	3
4.	Біофізичні основи ферментативних реакцій	4
5.	Процеси аеробної та анаеробної ферментації відходів	3
6.	Біотехнологія виробництва антибіотиків	4
7.	Біотехнологія виробництва гормонів	4
8.	Біотехнологія виробництва інтерферонів	3
9.	Біотехнологія одержання моноклональних антитіл	3
10.	Біотехнологія одержання вітамінів	3
11.	ДНК-вакцини	3
12.	Біотехнологія одержання ферментів	3
13.	Біотехнології одержання L-амінокислот	3
14.	Біотехнологія виробництва білка	4
15.	Біоіндустрія ферментів	3
16.	Основи генної інженерії	3
17.	Основи клітинної інженерії	3
18.	ДНК-технології	3
	Разом	58

## 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено.

## 7. Методи контролю

Поточного:

- відвідування занять та ведення конспекту;
- контрольні роботи;
- самостійна робота;
- виконання лабораторних практикумів.

Складові підсумкового контролю:

- бали поточного контролю;
- комбінований письмовий екзамен.

**Якісні критерії оцінювання успішності виконання контрольних робіт, індивідуальних завдань, інших видів роботи, що потребують оцінювання**  
**Вимоги для оцінки „відмінно”:**

- міцне засвоєння змісту програми навчальної дисципліни та наукових першоджерел;
- здатність повністю, глибоко і всебічно розкрити зміст поставленого завдання;
- правильне застосування одержаних знань з різних дисциплін для вирішення поставлених завдань; послідовне і логічне викладання матеріалу;
- здатність обґрунтувати власну думку та ставлення до певних фахових проблем;
- чітке розуміння і вільне доречне застосування фахової науково-технічної термінології, вміння грамотно ілюструвати відповідь прикладами;
- здатність встановлювати взаємозв'язок між основними поняттями;
- вільне використання теоретичних знань для аналізу практичного матеріалу;
- демонстрація високого рівня набутих практичних навичок.

Можлива наявність незначних неточностей у викладенні матеріалу, які не приводять до помилкових висновків і рішень, але впливають на отриманий бал.

**Вимоги для оцінки „добре”:**

- добре засвоєння основного зміст навчальної дисципліни, основних ідей наукових першоджерел;
- належна аргументація, правильне та послідовне розкриття основного змісту матеріалу;
- демонстрація власних міркувань з приводу тих чи інших проблем;
- точне використання наукової термінології;
- демонстрація основних практичних навичок при аналізі фахових задач.

Можлива наявність певних непринципових неточностей у використанні спеціальної термінології, похибок у логіці викладання теоретичного матеріалу або аналізу практичних даних, невизначальних помилок у висновках та узагальненнях, що не впливають на конкретний зміст відповіді, але впливають на отриманий бал.

**Вимоги для оцінки „задовільно“:**

- засвоєння лише базових понять дисципліни, обмеженість відповіді лише такими поняттями, відсутність поглибленого аналізу та опису проблеми чи питання, наявність у відповіді лише частини необхідної інформації; неналежне оперування інформацією з наукових першоджерел;
- неналежна послідовність та логіка у викладанні матеріалу та висновків;
- неналежне чи відсутнє обґрунтування оцінки фактів та явищ;
- наявність суттєвих помилок при викладенні матеріалу, поясненні термінології та вирішенні практичних питань.

Обсяг викладення змісту питання, кількість та суттєвість помилок визначально впливають на отриманий бал.

**Оцінку „незадовільно“ студент отримує, якщо:**

- основний зміст завдання не розкрито;
- продемонстровано низький рівень орієнтації у змісті програми дисципліни та наукових першоджерелах;
- не підтверджене знання наукових фактів та визначень;
- допущені суттєві принципові помилки у викладанні матеріалу та висновках;
- продемонстровано низький рівень знання та застосування спеціальної термінології;
- відсутність наукового мислення та практичних навичок.

## 8. Схема нарахування балів

### 7-й семестр

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Екзамен	Сума
Лабораторні роботи	Контрольна робота	Разом		
40	20	60	40	100

### 6-й семестр

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Залікова робота	Сума
Лабораторні роботи	Контрольна робота	Разом		
40	20	60	40	100

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали

		оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін. -К.: Фірма «ІНКОС», 2006. — 647 с.
2. Основи біохімії за Ленінджером : [навч. посіб.] / Дейвід Л. Нельсон, Майкл М. Кокс; [пер. з англ.: О. Матишевська та ін.]. - Львів : БаК, 2015. - 1256 с. .
3. Юлевич О. І. Біотехнологія : навчальний посібник / О. І. Юлевич, С. І. Ковтун, М. І. Гиль ; заред. М. І. Гиль. — Миколаїв : МДАУ, 2012. — 476 с
4. Біохімія ензимів / М.М. Марченко, Л.В. Худа, М.М. Великий, Л.І. Остапченко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2012. – 416 с.
5. Ензимологія / Укл. Худа Л.В. - Чернівці: Чернівецький національний університет, 2009. – 80 с.
6. Галкін Б.М., Іваниця В.О., Галкін М.Б. Інженерна ензимологія. – Одеса: ОНУ.- 2017. –103 с.
7. Склярів О. Біохімія ензимів. Ензимодіагностика. Ензимопатологія. Ензимотерапія / О. Склярів, Я. Сольські, М. Великий, Н. Фартушок, Т. Бондарчук, Д. Дума. – Львів: Кварт. – 2008. – 218 с.
8. Juan M. Bolivar, John M. Woodley, Roberto Fernandez-Lafuente, Is enzyme immobilization a mature discipline? Some critical considerations to capitalize on the benefits of immobilization // Chem. Soc. Rev., 2022, 51, 6251-6290/
9. Adam A. Caparco, Dylan R. Dautel, Julie A. Champion, Protein Mediated Enzyme Immobilization // Small, 2022, 18, 2106425.

### Допоміжна література

1. Основи біотехнології : підручник для студ. освітнього рівня бакалавр спец. «Біологія» / уклад. Н. Ю. Мацай. – Луганськ : Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». – Луганськ : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2011. – 153 с.
2. Галузі сучасної біотехнології : підручник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / Дігтяр С. В., Єлізаров М. О., Мазницька О. В., Никифорова О. О., Новохатько О. В., Пасенко А. В., Сакун О. А. Загальна редакція професора Никифорова В. В. Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2021 – 184 с.
3. Екологічна біотехнологія: принципи створення біотехнологічних виробництв : навчальний посібник / Л. Д. Пляцук, Є. Ю. Черниш. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 293 с.
4. Біотехнологія. Методичні рекомендації до виконання в дистанційному режимі контрольних і тестових завдань з дисциплін «Біотехнологія», «Основи промислової біотехнології» студентами спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / С.М. Лисицька; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 43 с.
5. Карпов О.В., Демидов СВ., Кир'яченко С.С. Клітинна та генна інженерія: Підручник - К.: Фітосоціоцентр, 2010. -208 с.

6. Мельничук М.Д. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник/ М.Д. Мельничук, О.Л.Кляченко, В.В.Бородай, Ю.В.Коломієць. – Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. - 252 с.
7. Визначення активності ферментів в біологічних середовищах. Одиниці активності ферментів. Ензимопатії. Медична ензимологія : методичний посібник з дисципліни «Біологічна хімія» для викладачів / К. В. Александрова, О. С. Шкода, Д. А. Васильєв [та ін.]. – Запоріжжя : [ЗДМУ], 2015. – 45 с.
8. Клінічна ензимологія. Ензимодіагностика : навч. посіб. / І. В. Чорна, І. Ю. Висоцький. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 243 с.
9. Медична ензимологія : навч.-метод. посіб. для студентів 2 курсу мед. та 3 курсу фармац. ф-тів) / уклад. : К. В. Александрова, В. М. Швець, О. Б. Макоїд, М. В. Дячков. – Запоріжжя : ЗДМУ, 2016. – 101 с.
10. Колісник Н. В., Омельянчик Л. О. Біоенергетика та ензимологія: Навчальний посібник для студентів III курсу біологічного факультету. – Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – 118 с.
11. Наконечна О. А., Бачинський Р. О. Біохімія ферментів. Аспекти медичної ензимології : навч.-метод. посібник для під-готовки до практ. занять з біологічної хімії (для студентів медичних та стоматологічного факультетів) / О. А. Наконечна, Р. О. Бачинський. – Харків, 2020. – 48 с.
12. Копильчук Г.П., Николайчук І.М. Лабораторний практикум із біохімії: навч.-метод. посібник. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2019. 144 с.
13. Методичні вказівки з курсу «Молекулярні та цитогенетичні основи розвитку організмів» до виконання лабораторних робіт з теми «Біохімічні маркери» / укладачі С. М. Бойко, Ю. Г. Приседський. Вінниця, 2021. 44 с., з ілюстр.

#### **10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. <https://www.easybiologyclass.com/enzyme-cell-immobilization-techniques/>
2. [https://www.youtube.com/watch?v=sL\\_iEOuvK80](https://www.youtube.com/watch?v=sL_iEOuvK80)
3. <https://agscientific.com/blog/importance-of-enzyme-immobilization.html>
4. <https://www.creativebiomart.net/Enzyme-Immobilization.htm>
5. <https://www.opensciencepublications.com/fulltextarticles/JEM-2455-4774-1-104.html>