



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет фармацевтичних технологій та менеджменту
Кафедра біотехнології

МОЛЕКУЛЯРНА БІОТЕХНОЛОГІЯ

(назва освітньої компоненти)

РОБОЧА ПРОГРАМА
освітньої компоненти

підготовки другий (магістерський) рівень

(назва рівня вищої освіти)

галузі знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія

(шифр і назва галузі знань)

спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія

(код і найменування спеціальності)

освітньої програми Промислова біотехнологія

(найменування освітньої програми)

Робоча програма освітньої компоненти Молекулярна біотехнологія спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньої програми Промислова біотехнологія (1,6д), (1,10з) для здобувачів вищої освіти 1 курсу.

Розробники:

ФІЛІПЦОВА Ольга, професор закладу вищої освіти кафедри біотехнології, д. біол. н., професор

ХОХЛЕНКОВА Наталя, завідувачка кафедри біотехнології, д. фарм. н., професор

КАЛЮЖНАЯ Ольга, доцент закладу вищої освіти кафедри біотехнології, к. фарм. н., доцент

(вказати ПРИЗВИЩЕ, ім'я авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри біотехнології

Протокол від “ 01 ” вересня 2023 року № 1

Завідувач кафедри біотехнології

(підпис)

проф. Наталя ХОХЛЕНКОВА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Робоча програма схвалена на засіданні профільної методичної комісії з технологічних дисциплін

Протокол від “ 01 ” вересня 2023 року № 1

Заступник голови профільної комісії

(підпис)

проф. Олена РУБАН

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

1. Опис освітньої компоненти

Мова навчання: українська.

Статус освітньої компоненти: обов'язкова.

Передумови вивчення освітньої компоненти: освітня компонента є складовою циклу професійної підготовки магістрів зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньої програми «Промислова біотехнологія» і є підґрунтям вивчення освітньої компоненти «Новітні технології виробництва біопрепаратів».

Предметом вивчення освітньої компоненти «Молекулярна біотехнологія» є відомості з молекулярної організації та регуляції експресії генів, а також реплікації, рекомбінації та репарації, рестрикції та модифікації генетичного матеріалу організмів про- та еукаріотної будови, а також розробки у галузі створення рекомбінантних ДНК для цілеспрямованого конструювання мікро- та макроорганізмів - продуцентів та сучасні методи молекулярної біотехнології.

Інформаційний обсяг освітньої компоненти. На вивчення освітньої компоненти відводиться 180 годин 6,0 кредити ЄКТС.

2. Мета та завдання освітньої компоненти

Метою викладання освітньої компоненти «Молекулярна біотехнологія» є вивчення молекулярної організації та регуляції експресії генів, а також реплікації, рекомбінації та репарації, рестрикції та модифікації генетичного матеріалу організмів про- та еукаріотної будови, а також формування уявлення про стратегію створення рекомбінантних ДНК для цілеспрямованого конструювання мікро- та макроорганізмів-продуцентів та ознайомлення з комплексом сучасних методів молекулярної біотехнології.

Основними **завданнями** освітньої компоненти «Молекулярна біотехнологія» є надання здобувачам вищої освіти базових знань про методологію отримання рекомбінантного продуцента; об'єкти молекулярної біотехнології; сучасні підходи до отримання цільового гену; особливості застосування існуючих генетичних векторів в молекулярному клонуванні; методи введення генетичного матеріалу до реципієнтних клітин; способи скринінгу та селекції клітин, що містять рекомбінантну ДНК.

3. Компетентності та заплановані результати навчання

Освітня компонента «Молекулярна біотехнологія» забезпечує набуття здобувачами освіти **компетентностей:**

- *інтегральна:*

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми біотехнологій та біоінженерії, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

- *загальні:*

ЗК01. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК06. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

- *спеціальні (фахові, предметні):*

ФК05. Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та/або теоретичних досліджень та/або комп'ютерного моделювання.

ФК07. Здатність розробляти та вдосконалювати комплексні біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів біоінженерії та природничих наук.

ФК09. Здатність застосовувати сучасні методи системного аналізу для дослідження та створення ефективних біотехнологічних процесів.

ФК13. Здатність використовувати професійні знання в обсязі, необхідному для розробки і отримання біотехнологічного продукту, харчових продуктів лікувально-профілактичної дії, продуктів для сільського господарства і ветеринарії, застосування основних методів інтенсифікації у галузі біотехнологій, методів одержання БАР з рослинної та тваринної сировини їх клітин та тканин, культур мікроорганізмів.

ФК15. Здатність використовувати базові знання щодо методів культивування клітин і тканин рослин та тварин, методів генетичної інженерії з метою одержання біологічно-активних речовин, біомолекул та створення трансгенних мікроорганізмів, нових сортів рослин та виведення нових порід тварин.

ФК16. Здатність використовувати знання щодо методів молекулярної біотехнології про- та еукаріотів, будови плазмідних та вірусних векторів, молекулярної діагностики, новітніх біотехнологій отримання рекомбінантних метаболітів та біополімерів, біомолекул, біоінженерії біорегуляторів та стимуляторів росту

Інтегративні кінцеві *програми результати навчання* (ПРН), формуванню яких сприяє освітня компонента:

ПР05. 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.

ПР06. 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.

ПР07. 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.

ПР10. 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.

ПР12. Аналізувати і враховувати у практичній діяльності тенденції науково-технічного розвитку суспільства та біотехнологічної галузі.

ПР13. Формулювати і оцінювати вимоги, обґрунтувати вихідну сировину, матеріали та напівпродукти відповідно до умов біотехнологічного виробництва з урахуванням технологічних та інших невизначеностей.

У результаті вивчення освітньої компоненти здобувач освіти повинен

знати основні положення молекулярної біотехнології:

- методологію отримання рекомбінантного продуцента;
- об'єкти молекулярної біотехнології;
- сучасні підходи до отримання цільового гену;
- особливості застосування існуючих генетичних векторів в молекулярному клонуванні;
- методи введення генетичного матеріалу до реципієнтних клітин;
- способи скринінгу та селекції клітин, що містять рекомбінантну ДНК.

вміти:

- аналізувати дані науково-технічної літератури та застосовувати сучасні методи біотехнології в своїй науково-практичній діяльності;

- здійснювати патентний пошук та обробляти науково-технічну інформацію стосовно розробок технологій рекомбінантних ДНК;

- формулювати мету та задачі науково-технічної діяльності у галузі біотехнології, базуючись на сучасних тенденціях розвитку науки.

володіти:

- стратегією створення рекомбінантних ДНК для цілеспрямованого конструювання біологічних агентів;

- основними методичними прийомами культивування еукаріотичних клітин тваринного та рослинного походження для розробки нових технологій їх застосування у наукових цілях, медицині, сільському господарстві тощо;

- методами генетичної інженерії з метою одержання біологічно-активних речовин, біомолекул та створення трансгенних мікроорганізмів, нових сортів рослин та виведення нових порід тварин.

4. Структура освітньої компоненти

Назви змістових модулів і тем	Обсяг у годинах											
	Денна форма 162ПБтм(1,6д)						Заочна форма 162ПБтм(1,10з)					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	сем.	пз	лаб.	с. р.		л	сем.	пз	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1. Основи молекулярної біотехнології та технології рекомбінантних ДНК												
Змістовий модуль 1. Основи молекулярної біотехнології												
Тема 1. Молекулярна біотехнологія як наука, її завдання. Історія розвитку молекулярної біотехнології. Біологічні системи, що застосовуються в молекулярній біотехнології.	14	2	-	-	4	8	14	0,5	-	-	1	12,5
Тема 2. Основні об'єкти молекулярної біотехнології: біологічні макромолекули та центральна догма молекулярної біотехнології.	14	2	-	-	4	8	14	0,5	-	-	1	12,5
Тема 3. Загальні підходи до технологій рекомбінантних ДНК	14	2	-	-	4	8	14	1	-	-	2	11
Тема 4. Використання рестриктаз та плазмідних векторів у молекулярній біотехнології <i>Контроль змістового модуля 1.</i>	17	2	-	-	4	11	17	1	-	-	2	14
Разом за змістовим модулем 1.	59	8	-	-	16	35	59	3	-	-	6	50
Змістовий модуль 2. Технологія рекомбінантних ДНК												
Тема 5. Технологія рекомбінантних ДНК: створення та скринінг геномних бібліотек (скринінг за допомогою гібридизації, імунологічний скринінг, скринінг за активністю білка)	14	2	-	-	4	8	15	1	-	-	2	12
Тема 6. Технологія рекомбінантних ДНК: клонування	14	2	-	-	4	8	15	1	-	-	2	12

структурних генів еукаріот, вектори для клонування великих фрагментів ДНК												
Тема 7. Технологія рекомбінантних ДНК: генетична трансформація прокаріот.	14	2	-	-	4	8	14,5	0,5	-	-	2	12
Тема 8. Оптимізація експресії генів, клонованих в прокаріотичних системах. Експресія генів за участі сильних регулюємих промоторів. Химерні білки. <i>Контроль змістового модуля 2</i>	17	2	-	-	4	11	14,5	0,5	-	-	2	12
Разом за змістовим модулем 2.	59	8	-	-	16	35	59	3	-	-	8	48
Семестровий залік модуля 1	2	-	2	-	-	-	2	-	2	-	-	-
Усього годин за модулем 1	120	16	2	-	32	70	120	6	2	-	14	98
Модуль 2. Застосування молекулярної біотехнології												
Змістовий модуль 3. Отримання рекомбінантних білків. Молекулярна діагностика												
Тема 9. Отримання рекомбінантних білків за допомогою евкаріотних систем	10	2	-	-	6	2	8,5	0,5	-	-	2	6
Тема 10. Молекулярна діагностика: ферментний імуносорбентний аналіз	6	1	-	-	3	2	7,5	0,5	-	-	1	6
Тема 11. Молекулярна діагностика: моноклональні антитіла, системи ДНК-діагностики	6	1	-	-	3	2	7,5	0,5	-	-	1	6
Тема 12. Генна інженерія рослин та трансгенні тварини: методологія та застосування. Генна терапія <i>ex vivo</i> та <i>in vitro</i> . <i>Контроль змістового модуля 3.</i>	13,5	2	-	-	6	5,5	12	0,5	-	-	2	9,5
Разом за змістовим модулем 3.	35,5	6	-	-	18	11,5	35,5	2	-	-	6	27,5
Семестровий залік модуля 2	2	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-
Усього годин за модулем 2	37,5	6	2	-	18	11,5	37,5	2	-	-	8	27,5

Семестровий екзамен	22,5	-	-	-	-	22,5	22,5	-	-	-	-	22,5
Усього годин	180	22	4	-	50	104	180	8	2	-	22	148

5. Зміст програми освітньої компоненти

Модуль 1. Основи молекулярної біотехнології та технології рекомбінантних ДНК

Змістовий модуль 1. Основи молекулярної біотехнології

Тема 1. Молекулярна біотехнологія як наука, її завдання. Історія розвитку молекулярної біотехнології. Біологічні системи, що застосовуються в молекулярній біотехнології.

Молекулярна біотехнологія – визначення, основні поняття. Розвиток і становлення молекулярної біотехнології. Передумови та історичні аспекти молекулярної біотехнології. Виникнення молекулярної біотехнології. Молекулярно-біотехнологічна революція. Комерціалізація досягнень молекулярної біотехнології.

Біологічні системи, що застосовуються в молекулярній біотехнології: прокариоти та еукаріоти. Бактерії *Escherichia coli* – використання, переваги та недоліки. Фаг λ (лямбда) – відкриття та перспективи застосування. Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та *Neurospora crassa* – використання, переваги та недоліки. Арабідопсис *Arabidopsis thaliana* – модельний організм при вивченні рослинних об'єктів. Клітинні лінії – ракових та стовбурових клітин: використання, переваги та недоліки.

Тема 2. Основні об'єкти молекулярної біотехнології: біологічні макромолекули та центральна догма молекулярної біотехнології.

Центральна догма молекулярної біології – основа молекулярної біотехнології. Макромолекули – ДНК, РНК, білки – основні об'єкти молекулярної біотехнології. Транскрипція, трансляція, реплікація, експресія генів – основні процеси молекулярної біотехнології.

Транскрипція: прокариоти. РНК-полімераза. Ініціація транскрипції. Елонгація транскрипції. Термінація транскрипції. Регуляція транскрипції.

Транскрипція: еукаріоти. РНК-полімераза II. РНК-полімерази I і III. Ініціація транскрипції генів рибосомної РНК. Ініціація транскрипції РНК-полімеразою III. Механізми активації транскрипції. Елонгація РНК-полімерази через хроматин. Конститутивна репресія транскрипції: гетеро хроматин.

Синтез білків. Транспортні РНК. Рибосома. Елонгаційний цикл. Ініціація трансляції. Ініціація трансляції у прокариотів. Реплікація ДНК. Рекомбінація ДНК.

Тема 3. Загальні підходи до технологій рекомбінантних ДНК

Технологія рекомбінантних ДНК. Етапи технологій рекомбінантних ДНК. Інструменти та техніки у генній інженерії. Основні об'єкти: рестрикуючі ендонуклеази, вектори, ферменти. Загальна характеристика ферментів, що застосовуються для реалізації технологій рекомбінантних ДНК. Отримання гена-вставки.

Тема 4. Використання рестриктаз та плазмідних векторів у молекулярній біотехнології.
Контроль змістового модуля 1

Плазмідні вектори: плазмідний вектор pBR322, трансформація та відбір, інші плазмідні вектори. Характеристики плазмід: розмноження, розривання, селекція, плазмідні маркери, промотори. Транскрипційні та трансляційні вектори. Вставка гену в плазмиду. Виділення вектору. Внесення вектору в клітину: трансформація, трансфекція, трансдукція. Речовини-провідники.

Вірусні вектори та їх використання у клонуванні. Характеристики вірусів, що забезпечують використання вірусів в якості векторів. Ретровіруси, лентивіруси, аденовіруси, AAV вірус, фагові вектори.

Вектори для бактерії *E. coli*: вектори на основі фага λ , вектори на основі фага M13, комбіновані вектори (фагміди), штучні хромосоми - бактеріальні (BAC) і фагів (PAC).

Змістовий модуль 2. Технологія рекомбінантних ДНК

Тема 5. Технологія рекомбінантних ДНК: створення та скринінг геномних бібліотек (скринінг за допомогою гібридизації, імунологічний скринінг, скринінг за активністю білка)

Геномні бібліотеки і методи, що використовуються для їх створення. Плазмідні бази даних. Створення геномної бібліотеки. Скринінг за допомогою гібридизації, імунологічний скринінг, скринінг за активністю білка.

Етапи створення банку генів методом «дробовика»: виділення всієї геномної ДНК, фрагментація ДНК рестриктазами або ультразвуком, обробленні очищених векторів, отримання рекомбінантної плазмідної ДНК, уведення рекДНК у клітину, розмноження, клонування.

Бібліотеки кДНК. Пошук у бібліотеках ДНК.

Тема 6. Технологія рекомбінантних ДНК: клонування структурних генів еукаріот, вектори для клонування великих фрагментів ДНК.

Клонування структурних генів еукаріот. Вектори для клонування великих фрагментів ДНК: вектори для дріжджів *S. cerevisiae* - колійно-дріжджові шатли, вектори для клітин рослин - Ті-плазміда, бінарна векторна система агробактеріальної трансформації рослин, вектори для клітин комах - експресійні вектори на основі ДНК бакуловірусів (вірус ядерного поліедроза метелика *Autographa californica* (AcMNPV), бакміди), вектори для клітин ссавців - вірусні та невірусні вектори. Селективні маркери та промотори для рекомбінації еукаріотів. Інтегративні та неінтегративні вектори.

Тема 7. Технологія рекомбінантних ДНК: генетична трансформація прокариот.

Генетична трансформація прокариот: переніс ДНК у клітини кишкової палички, електропорація, кон'югація.

Методи хімічного синтезу, визначення нуклеотидної послідовності і ампліфікації ДНК. Гель-електрофорез в агарозному та поліакриламідному гелі. Спектрофотометрія нуклеїнових кислот. Основи полімеразної ланцюгової реакції. ПЛР у реальному часі. Гібридизація нуклеїнових кислот, ДНК-фінгерпринтинг. Дот блот аналіз. Методи імунного аналізу. Секвенування нуклеїнових кислот.

Тема 8. Оптимізація експресії генів, клонованих в прокариотичних системах. Експресія генів за участі сильних регулюємих промоторів. Химерні білки. Контроль змістового модуля 2

Регулюємі промотори. Отримання великої кількості білкових продуктів. Великомасштабні системи. Використання для експресії інших мікроорганізмів.

Химерні білки. Розчеплення химерних білків. Застосування химерних білків. Включення білків у поверхневі структури.

Трансляційні експресійні вектори. Інтеграція ДНК в хромосому хазяїна.

Стабілізація білків. Підвищення ефективності секреції. Метаболічне переадресування.

Семестровий залік.

Модуль 2. Застосування молекулярної біотехнології у практичній діяльності

Змістовий модуль 3. Отримання рекомбінантних білків. Молекулярна діагностика

Тема 9. Отримання рекомбінантних білків за допомогою еукаріотних систем

Системи експресії *S. cerevisiae*: вектори, пряма експресія, секреція гетерологічних білків. Інші дріжджові системи експресії. Синтез поверхневого антигену вірусу гепатиту В, синтез бичачого лізоциму С2.

Системи експресії за допомогою культур клітин комах. Створення човникового вектору. Експресуючі клітини для роботи з клітинами тварин: селективні маркерні гени, експресія двох клонованих генів в одній клітині ссавців.

Направлений мутагенез: олігонуклеотид-направлений мутагенез, випадковий мутагенез. Генна інженерія білків: утворення додаткових дисульфідних зв'язків, заміна аспарагіну на інші амінокислоти, зменшення числа вільних сульфгідрильних груп.

Тема 10. Молекулярна діагностика: ферментний імуносорбентний аналіз

Методи імунодіагностики: ФІА. Загальні підходи до використання моноклональних антитіл, утворення та відбір гібридних клітин, ідентифікація гібридних ліній. Системи ДНК-діагностики: гібридні зонди, діагностика малярії, нерадіоактивні методи детекції, геномна дактилоскопія, тощо.

Тема 11. Молекулярна діагностика: моноклональні антитіла, системи ДНК-діагностики

Методи імунодіагностики: моноклональні антитіла, утворення та відбір гібридних клітин, ідентифікація гібридних ліній. Системи ДНК-діагностики: гібридні зонди, діагностика малярії, нерадіоактивні методи детекції, геномна дактилоскопія, тощо.

Молекулярна діагностика генетичних захворювань: серповидноклітинна анемія, мутації в різних сайтах. Перспективи застосування молекулярної діагностики. Виробництво лікарських речовин: інтерферони людини, гормони росту, ферменти, моноклональні антитіла

Тема 12. Генна інженерія рослин та трансгенні тварини: методологія та застосування. Генна терапія *ex vivo* та *in vitro*. Контроль змістового модуля 3

Генна інженерія рослин: методологія. Трансформація рослин Ті-плазмідом із *Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium radiobacter*). Векторні системи на основі Ті-плазмід. Методи переносу генів у рослинні клітини. Експресія чужорідних генів у рослинах. Отримання транс генних рослин, що не містять маркерних генів. Застосування генної інженерії рослин: рослини стійкі до комах, вірусів, гербіцидів, зміна смаку та зовнішнього вигляду плодів тощо.

Генна інженерія тварин: методологія. Трансгенні миші, велика рогата худоба, вівці, кози, свині, птиця, риби.

Молекулярна генетика людини. Генетичне зчеплення та картування генів. Побудова генетичних карт хромосом людини. Проект геном людини. Клонування генів захворювання людини. Генна терапія *ex vivo* та *in vitro*. Контроль експериментів із застосуванням рекомбінантних ДНК. Генна терапія людини.

Семестровий залік.

Екзамен.

6. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
1	Тема 1. Молекулярна біотехнологія як наука, її завдання. Історія розвитку молекулярної біотехнології. Біологічні системи, що застосовуються в молекулярній біотехнології.	2	0,5
2	Тема 2. Основні об'єкти молекулярної біотехнології: біологічні макромолекули та центральна догма молекулярної біотехнології.	2	0,5
3	Тема 3. Загальні підходи до технологій рекомбінантних ДНК	2	1
4	Тема 4. Використання рестриктаз та плазмідних векторів у молекулярній біотехнології	2	1
5	Тема 5. Технологія рекомбінантних ДНК: створення та скринінг геномних бібліотек (скринінг за допомогою гібридизації, імунологічний скринінг, скринінг за активністю білка)	2	1
6	Тема 6. Технологія рекомбінантних ДНК: клонування структурних генів еукаріот, вектори для клонування великих фрагментів ДНК	2	1
7	Тема 7. Технологія рекомбінантних ДНК: генетична трансформація прокариот.	2	0,5
8	Тема 8. Оптимізація експресії генів, клонованих в прокариотичних системах. Експресія генів за участі сильних регулюємих промоторів. Хімерні білки	2	0,5
9	Тема 9. Отримання рекомбінантних білків за допомогою еукаріотних систем	2	0,5
10	Тема 10. Молекулярна діагностика: ферментний імуносорбентний аналіз	1	0,5
11	Тема 11. Молекулярна діагностика: моноклональні антитіла, системи ДНК-діагностики	1	0,5
12	Тема 12. Генна інженерія рослин та трансгенні тварини: методологія та застосування. Генна терапія <i>ex vivo</i> та <i>in vitro</i> .	2	0,5
Усього годин		22	8

7. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
1	Семестровий залік модуля 1	2	2
3	Семестровий залік модуля 2	2	-
Усього годин		4	2

8. Теми практичних занять

Не передбачено робочим навчальним планом.

9. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
1	Тема 1. Молекулярна біотехнологія як наука, її завдання. Історія розвитку молекулярної біотехнології. Біологічні системи, що застосовуються в молекулярній біотехнології.	4	1
2	Тема 2. Основні об'єкти молекулярної біотехнології: біологічні макромолекули та центральна догма молекулярної біотехнології.	4	1
3	Тема 3. Загальні підходи до технологій рекомбінантних ДНК	4	2
4	Тема 4. Використання рестриктаз та плазмідних векторів у молекулярній біотехнології <i>Контроль змістового модуля 1.</i>	4	2
5	Тема 5. Технологія рекомбінантних ДНК: створення та скринінг геномних бібліотек (скринінг за допомогою гібридизації, імунологічний скринінг, скринінг за активністю білка)	4	2
6	Тема 6. Технологія рекомбінантних ДНК: клонування структурних генів еукаріот, вектори для клонування великих фрагментів ДНК	4	2
7	Тема 7. Технологія рекомбінантних ДНК: генетична трансформація прокариот.	4	2
8	Тема 8. Оптимізація експресії генів, клонованих в прокариотичних системах. Експресія генів за участі сильних регулюємих промоторів. Химерні білки. <i>Контроль змістового модуля 2.</i>	4	2
9	Тема 9. Отримання рекомбінантних білків за допомогою еукаріотних систем	6	2
10	Тема 10. Молекулярна діагностика: ферментний імуносорбентний аналіз	3	1
11	Тема 11. Молекулярна діагностика: моноклональні антитіла, системи ДНК-діагностики	3	1
12	Тема 12. Генна інженерія рослин та трансгенні тварини: методологія та застосування. Генна терапія <i>ex vivo</i> та <i>in vitro</i> . <i>Контроль змістового модуля 3.</i>	6	2
13	Семестровий залік модуля 2	-	2
Усього годин		50	22

10. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
Модуль 1			
1	Тема 1. Молекулярна біотехнологія як наука, її завдання. Історія розвитку молекулярної біотехнології. Біологічні системи, що застосовуються в молекулярній біотехнології. Комерціалізація досягнень молекулярної біотехнології. Клітинні лінії – ракових та стовбурових клітин: використання, переваги та недоліки.	8	12,5
2	Тема 2. Основні об'єкти молекулярної біотехнології: біологічні макромолекули та центральна догма молекулярної біотехнології. Елонгація РНК-полімерази через хроматин. Конститутивна репресія транскрипції: гетеро хроматин.	8	12,5

3	Тема 3. Загальні підходи до технологій рекомбінантних ДНК. Вірусні вектори та їх використання у клонуванні.	8	11
4	Тема 4. Використання рестриктаз та плазмідних векторів у молекулярній біотехнології. Ретровіруси, лентивіруси, аденовіруси, AAV вірус, фагові вектори. Підготовка до контролю змістового модуля 1.	11	14
5	Тема 5. Технологія рекомбінантних ДНК: створення та скринінг геномних бібліотек (скринінг за допомогою гібридизації, імунологічний скринінг, скринінг за активністю білка). Етапи створення банку генів методом «дробовика»: виділення всієї геномної ДНК, фрагментація ДНК рестриктазами або ультразвуком, обробленні очищених векторів, отримання рекомбінантної плазмідної ДНК, уведення рекДНК у клітину, розмноження, клонування.	8	12
6	Тема 6. Технологія рекомбінантних ДНК: клонування структурних генів еукаріот, вектори для клонування великих фрагментів ДНК. Спектрофотометрія нуклеїнових кислот.	8	12
7	Тема 7. Технологія рекомбінантних ДНК: генетична трансформація прокариот. ДНК-фінгерпринтинг.	8	12
8	Тема 8. Оптимізація експресії генів, клонованих в прокариотичних системах. Експресія генів за участі сильних регулюємих промоторів. Химерні білки. Стабілізація білків. Підвищення ефективності секреції. Метаболічне перезавантаження. Підготовка до контролю змістового модуля 2.	11	12
9	Тема 9. Отримання рекомбінантних білків за допомогою еукаріотних систем. Генна інженерія білків: утворення додаткових дисульфідних зв'язків, заміна аспарагіну на інші амінокислоти, зменшення числа вільних сульфгідрильних груп.	2	6
10	Тема 10. Молекулярна діагностика: ферментний імуносорбентний аналіз. Геномна дактилоскопія.	2	6
11	Тема 11. Молекулярна діагностика: моноклональні антитіла, системи ДНК-діагностики. Виробництво лікарських речовин: інтерферони людини, гормони росту, ферменти, моноклональні антитіла	2	6
12	Тема 12. Генна інженерія рослин та трансгенні тварини: методологія та застосування. Генна терапія <i>ex vivo</i> та <i>in vitro</i> . Генна терапія людини. Підготовка до змістового модуля 3	5,5	9,5
13	Екзамен	22,5	22,5
Усього годин		104	148

Завдання для самостійної роботи

1. Опанувати використання, переваги та недоліки клітинних ліній, як біологічних систем, що застосовуються у молекулярній біотехнології.
2. Опанувати сучасний стан досягнень молекулярної біотехнології.
3. Засвоїти елонгацію РНК-полімерази через хроматин.
4. Засвоїти конститутивну репресію процесу транскрипції.
5. Засвоїти характеристику вірусних векторів та їх використання у клонуванні.
6. Засвоїти характеристику та використання у молекулярній біотехнології ретровірусів.
7. Засвоїти характеристику та використання у молекулярній біотехнології лентивірусів.
8. Засвоїти характеристику та використання у молекулярній біотехнології аденовірусів.
9. Засвоїти характеристику та використання у молекулярній біотехнології AAV вірусу.
10. Засвоїти характеристику та використання у молекулярній біотехнології фагових векторів.

11. Опанувати етапи створення банку генів методом «дробовика».
12. Засвоїти принцип та механізм спектрофотометрії нуклеїнових кислот.
13. Засвоїти принцип та механізм ДНК-фінгерпринтингу.
14. Опанувати принцип стабілізації білків.
15. Опанувати підвищення ефективності секреції.
16. Опанувати метаболічне перезавантаження.
17. Засвоїти особливості генної інженерії білків: утворення додаткових дисульфідних зв'язків, заміна аспарагіну на інші амінокислоти, зменшення числа вільних сульфгідрильних груп
18. Опанувати принцип геномної дактилоскопії.
19. Засвоїти виробництво лікарських речовин методами генної інженерії: інтерферони людини, гормони росту, ферменти, моноклональні антитіла.
20. Опанувати етапи та принципи генної терапії людини.

11. Критерії та порядок оцінювання результатів навчання

Критерії оцінювання знань і вмінь здобувачів вищої освіти з освітньої компоненти «Молекулярна біотехнологія» розроблені відповідно до «Положення про порядок оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у Національному фармацевтичному університеті ПОЛ А2.2-25-031-В».

Оцінка успішності здобувачів вищої освіти з освітньої компоненти є рейтинговою, виставляється за стобальною шкалою і має визначення за системою ECTS та за традиційною шкалою, прийнятою в Україні.

Оцінювання (в балах) відображені у календарно-тематичних планах лабораторних та семінарських занять.

Критерії оцінювання знань і вмінь здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання на лабораторних та семінарських заняттях

Оцінювання поточної навчальної діяльності (проводиться під час кожного заняття) – контроль теоретичних знань, практичних умінь та навичок. При засвоєнні кожної теми змістових модулів за поточну навчальну діяльність здобувачам вищої освіти виставляються бали за всі види діяльності, які в кінці вивчення змістового модуля сумуються.

Критерії оцінювання	Кількість балів	
	ЗМ 1-2	ЗМ 3
	min-6,0 max-10,0	min-8,0 max-13,0
теоретична підготовка: <ul style="list-style-type: none"> ➤ показав всебічні та глибокі знання теоретичного матеріалу за темою заняття, що викладений у текстах лекцій та додатковій літературі; ➤ правильно відповів на всі тестові завдання при вхідному контролі знань; ➤ дав вичерпні відповіді на теоретичні питання викладача; практична підготовка: <ul style="list-style-type: none"> ➤ правильно сформулював мету завдання та виклав методику його проведення; ➤ вірно провів лабораторну роботу, дотримуючись порядку роботи та санітарного режиму на своєму робочому місті / вірно вирішив ситуаційне завдання, надав алгоритм рішення та сформулював висновки; ➤ оформив робочий журнал за темою заняття, де вказана тема, описаний порядок проведення завдання, зафіксовані результати та зроблені висновки; ➤ здав викладачеві для перевірки бездоганно оформлений робочий журнал / ситуаційні завдання. 	9,0-10,0	12,0-13,0
теоретична підготовка: <ul style="list-style-type: none"> ➤ показав повні знання теоретичного матеріалу за темою заняття, що викладений у текстах лекцій та додатковій літературі; ➤ дав відповіді на теоретичні питання викладача з незначними недоліками; ➤ правильно відповів на 2/3 кількості тестових завдань при вхідному контролі знань; практична підготовка: <ul style="list-style-type: none"> ➤ правильно сформулював мету завдання, але виклав методику його проведення з незначними помилками; ➤ вірно провів лабораторну роботу з незначними помилками в дотриманні 	7,5-8,5	10,0-11,5

<p>порядку та санітарного режиму на своєму робочому місті / вірно вирішив ситуаційне завдання, але надав алгоритм рішення та сформулював висновки з незначними недоліками;</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ оформив робочий журнал за темою заняття, де вказана тема, зафіксовані результати та зроблені висновки, але порядок проведення завдання описаний неповністю; ➤ здав викладачеві для перевірки оформлений робочий журнал / ситуаційні завдання. 		
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ показав знання теоретичного матеріалу за темою заняття в обсязі, який вважається необхідним та достатнім для виконання практичної частини заняття; ➤ дав відповіді на теоретичні питання з помилками, які усунув при допомозі викладача; ➤ правильно відповів на мінімальну кількість тестових завдання при вхідному контролі знань; <p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ правильно сформулював мету завдання, але припустився помилок при викладенні методики його проведення; ➤ правильно провів лабораторну роботу, але за допомогою викладача щодо порядку її проведення / вирішив ситуаційне завдання та сформулював висновки, але за допомогою викладача щодо алгоритму вирішення; ➤ припустив помилки у дотриманні порядку та санітарного режиму на своєму робочому місті / припустив помилки у вирішенні ситуаційного завдання, які усунув при допомозі викладача; ➤ оформив робочий журнал за темою заняття неакуратно, неповністю описаний порядок проведення завдання, зафіксовані не всі результати та зроблені не всі висновки; ➤ здав викладачеві для перевірки оформлений робочий журнал / ситуаційні завдання. 	6,0-7,0	8,0-9,5
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ не ознайомився з теоретичним матеріалом за темою заняття, що викладений у текстах лекцій та додатковій літературі; ➤ не відповів на теоретичні питання викладача; ➤ правильно відповів на тестові завдання менше мінімальної кількості, або не відповів взагалі при вхідному контролі знань; <p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ припустився грубих помилок при формулюванні мети завдання та викладенні методики його виконання / не вирішив ситуаційних завдань; 	0,0-5,5	0,0-7,5

**Критерії оцінювання знань і вмінь здобувачів вищої освіти
на контролі змістового модуля**

До контролю змістового модуля (КЗМ) допускаються здобувачі вищої освіти, які виконали всі види робіт, передбачені навчальною програмою, та при вивченні тем змістового модуля набрали кількість балів, не меншу за мінімальну. КЗМ здійснюється на останньому занятті змістового модуля та оцінюється в балах.

Критерії оцінювання	Кількість балів	
	КЗМ 1-2	КЗМ 3
	min-6,0 max-10,0	min-12,0 max-22,0
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ дав вичерпну відповідь на теоретичне питання; <p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ без помилок розв'язав ситуаційну задачу та/або відповів на тестові завдання 	9,0-10,0	19,0-22,0

<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ дав правильну, але неповну відповідь на теоретичне питання; <p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ зробив несуттєві помилки при розв'язанні ситуаційної задачі та/або у відповідях на тестові завдання 	7,5-8,5	15,5-18,5
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ дав відповіді на теоретичні питання з грубими помилками; <p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ припустився грубих помилок при розв'язанні ситуаційної задачі та/або у відповідях на тестові завдання 	6,0-7,0	12,0-15,0
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ не відповів на теоретичне питання; <p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ не розв'язав ситуаційну задачу та/або не відповів на 61% тестових завдань 	0-5,5	0-11,5

Для тих здобувачів, які хочуть поліпшити успішність з освітньої компоненти за шкалою ECTS і підвищити рейтинг з модулю це можливо на останньому занятті модуля при проведенні семестрового заліку.

Схема нарахування та розподіл балів

МОДУЛЬ 1

Поточне тестування, усне опитування та самостійна робота					
Змістовий модуль 1					
T1	T2	T3	T4		
ПЗ1	ПЗ2	ПЗ3	ПЗ4	КЗМ1	
6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	
30-50					
Змістовий модуль 2					
T5	T6	T7	T8		Сем. залік СЗ
ПЗ5	ПЗ6	ПЗ7	ПЗ8	КЗМ2	
6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	
30-50					

МОДУЛЬ 2

Поточне тестування, усне опитування та самостійна робота							
Змістовий модуль 3							
T9		T10	T11	T12			Сем. залік
ПЗ1	ПЗ2	ПЗ3	ПЗ4	ПЗ5	ПЗ6	КЗМ3	
8-13	8-13	8-13	8-13	8-13	8-13	12-22	
60,0-100,0							

T1, T2 ... T13 – теми модулю.

ПЗ1 ... - номери практичних занять.

СЗ1 ... - номери семінарських занять.

КЗМ1.. – контроль змістового модуля.

Сем.залік – семестровий залік.

Критерії оцінювання знань і вмінь здобувачів вищої освіти на екзамені

Екзамен проводиться у вигляді контролю із рішенням завдань теоретичного блоку та ситуаційного завдання практичного блоку. Оцінювання екзамену здійснюється за 100-бальною шкалою. Білети містять 3 питання: теоретична частина - 2 питання, практична частина – 1 ситуаційне

завдання. Кожне питання у білетах оцінюються: теоретичне питання - min – 15, max – 25, ситуаційне завдання - min – 30, max – 50. Загальна максимальна кількість балів на всі питання білету – 100.

При оцінюванні виконання за основу взяті повнота і правильність виконання завдань та враховано здатність здобувача:

- повно висвітлювати зміст питання;
- узагальнювати набуті знання для вирішення конкретних завдань;
- застосовувати правила, методи, принципи, закони у конкретних ситуаціях;
- аналізувати і оцінювати факти, події та робити обґрунтовані висновки;
- інтерпретувати схеми, графіки, діаграми;
- викладати матеріал логічно, послідовно.

Критерії оцінювання	Кількість балів за кожне питання
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ дав вичерпну відповідь на теоретичне питання, глибоко і всебічно знає зміст питання, використовує посилання на нормативну документацію та наукові першоджерела, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі 	22,5-25,0
<p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ без помилок розв'язав ситуаційне завдання, демонструючи вільне володіння нормативною документацією та науковими першоджерелами, має високий рівень компетентності, здатний передбачати та прогнозувати при вирішенні проблемних питань у завданні 	45,0-50,0
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ дав повну відповідь на теоретичне питання, повно і логічно відтворює навчальний матеріал, розуміючи основоположні теорії і факти, застосовує теоретичний матеріал у стандартних ситуаціях 	20,5-22,0
<p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ вірно виконав ситуаційне завдання, але допустив невеликі помилки, які не впливають на якість результату, використовує посилання на нормативну документацію та наукові першоджерела, вміє наводити окремі приклади на підтвердження власних думок та аналізувати стандартні ситуації 	41,0-45,0
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ дав відповідь на теоретичне питання, яка показала, що здобувач знає матеріал та аргументовано його викладає, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу 	19,0-20,0
<p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ зробив несуттєві помилки при розв'язанні ситуаційного завдання та/або використовує посилання на нормативну документацію та наукові першоджерела з несуттєвими неточностями 	36,0-41,0
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ знає зміст питання на достатньому рівні, але дав неповну відповідь на теоретичне питання та плутає певні поняття, не показав здатності аналізувати та не використовує посилання на нормативну документацію та наукові першоджерела 	16,0-18,5
<p>практична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ зробив помилки при розв'язанні ситуаційного завдання, не використовує посилання на нормативну документацію та наукові першоджерела, не показав вміння аналізувати стандартні ситуації, але навів алгоритм вирішення завдання 	32,0-35,0
<p>теоретична підготовка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ дав відповідь на теоретичне питання з суттєвими помилками або неточностями 	15,0-15,5

практична підготовка: ➤ припустився грубих помилок при розв'язанні ситуаційного завдання, не використовує посилання на нормативну документацію та наукові першоджерела, не показав вміння аналізувати стандартні ситуації	30,0-32,0
теоретична підготовка: ➤ не відповів на теоретичне питання	0-14,0
практична підготовка: ➤ не розв'язав ситуаційне завдання	0-29,0

Загальна максимальна кількість балів на всі питання білету – 100. Загальна оцінка як результат складання екзамену визначається за шкалою ECTS:

Національна шкала	Шкала ECTS	Рейтингова оцінка, бали
5 – відмінно	A - відмінно	90 – 100
4- добре	B – дуже добре	82 – 89
	C – добре	74 – 81
3 - задовільно	D – задовільно	64 – 73
	E – достатньо	60 – 63
2 - незадовільно	FX – незадовільно	35 – 59

12.Форми поточного та семестрового контролю успішності навчання

Поточний контроль проводиться під час кожного лабораторного заняття у відповідності з конкретними цілями та під час індивідуальної роботи викладача із здобувачами вищої освіти у вигляді контролю теоретичних знань, тестового контролю, контролю практичних умінь та навичок.. Самостійна робота здобувачів вищої освіти також контролюється під час кожного заняття.

При засвоєнні кожної теми модулю за поточну навчальну діяльність здобувачам вищої освіти виставляються бали за всі види діяльності, які в кінці вивчення модуля сумуються.

Контроль змістового модуля проводиться на останньому занятті змістового модуля. Контроль проводиться з метою перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу, набуття практичних умінь та навичок з освітньої компоненти.

Семестровий контроль проводиться на останньому занятті модуля.

Форма контролю – семестровий залік.

Семестровий екзамен проводиться по закінченню вивчення дисципліни у письмовій формі.

Форма контролю – семестровий екзамен.

13. Методичне забезпечення

1. Навчальна програма освітньої компоненти.
2. Робоча програма освітньої компоненти.
3. Силабус освітньої компоненти.
4. Календарні плани лекцій та лабораторних і семінарських занять.
5. Лекції у мультимедійному форматі.
6. Методичні рекомендації для лабораторних і семінарських занять.
7. Контрольні завдання для проведення поточного контролю знань та контролю змістових модулів (тести, завдання, задачі тощо).
8. Завдання для самостійної роботи.
9. Питання до підготовки для контролю змістових модулів.
10. Навчальне обладнання, технічні засоби навчання.

14. Рекомендована література

Основна

1. Молекулярна біотехнологія: навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» ОП «Промислова біотехнологія» / Н. В. Хохленкова, М. В. Рибалкін, О. С. Калюжная. — Харків : Вид-во НФаУ, 2022. — 155 с.

2. Півень, О. О. Сучасні інструменти редагування геному з основами молекулярної генетики : навч. посіб. / О. О. Півень, З. М. Скоробогатова. – Київ : Біокомполіт, 2021. – 178 с.

3. Лабораторний практикум «Молекулярна біотехнологія»: уклад.: С. І. Тарасюк, О. А. Васильченко, Ю. М. Глушко. – К.: НАУ, 2016. – 52 с.
https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/34826/1/%d0%9c%d0%be%d0%bb_%d0%91%d0%a2%20-%d0%b0.pdf

4. Методичні рекомендації до розділу «Молекулярна біотехнологія» курсу «Загальна біотехнологія» / упоряд. : А. С. Драницина, О. М. Савчук, Д. М. Гребіник, О. О. Кравченко, Л. І. Остапченко. – Київ, 2018. – 185 с.
https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Biochimiya/Biblioteka/Metodychni_vkazivky_Molekul_biotechology/Metodychni_vkazivky_Molekul_biotechology.pdf

5. Методичні вказівки до навчальної дисципліни «Основи молекулярної діагностики» / упоряд. : Л. І. Остапченко, А. С. Драницина, Д. М. Гребіник. – Київ, 2017. – 89 с.
https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Biochimiya/Biblioteka/Ostapchenko_Osnovy_molekulyarnoi_diagnostyky_Metodichka_2017_final.pdf

Допоміжна

1. Молекулярна біологія: підручник, друге видання, препринт / А. В. Сиволоб. – Київ, 2023. – 318 с. <https://drive.google.com/file/d/1Duc1p-8DktAcVkgAvCUD3eluFJ98uG4Q/view>

2. Molecular biotechnology: principles and applications of recombinant DNA, 4th ed. / Bernard R. Glick, Jack J. Pasternak, and Cheryl L. Patten. - Washington: DC by ASM Press, 2010. – 1000 p. <https://www.heavenlyfuel.com/jbframework/uploads/2017/06/Molecular-Biotechnology.pdf>

3. Molecular diagnostics: fundamentals, methods and clinical applications. / L. Buckingham, M. Flaws. – F.A. Davis Company, Philadelphia, 2007 – 479 p. <https://handoutset.com/wp-content/uploads/2022/07/Molecular-Diagnostics-Fundamentals-Methods-and-Clinical-Applications.-Lela-Buckingham.pdf>

4. Molecular Biology of the Cell. The problems book / B. Alberts John Wilson and Tim Hunt—Sixth edition. – Garland Science, 2014. – 1464 p. https://cdn.bc-pf.org/resources/biology/Molecular_biology/Wilson-Molecular_Biology_of_The_Cell_The_Problem_Book_6th_Edition.pdf

15. Інформаційні ресурси, у т.ч. в мережі Інтернет

1. Національний фармацевтичний університет [Електронний ресурс] : Наукова бібліотека НФаУ. – Режим доступу : <http://lib.nuph.edu.ua>.

2. Центр дистанційних технологій НФаУ. – Режим доступу : <http://pharmel.kharkiv.edu>

3. Інститут молекулярної біології і генетики НАН України. – Режим доступу : <https://www.nas.gov.ua/UA/Org/Pages/default.aspx?OrgID=0000285>

4. Віртуальні лабораторії Labster. – Режим доступу : <https://www.labster.com/>

5. The National Center for Biotechnology Information. – Режим доступу : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

6. European Bioinformatics Institute (Європейський інститут біоінформатики). – Режим доступу : <https://www.ebi.ac.uk/>

7. European Nucleotide Archive (База даних нуклеотидних послідовностей). – Режим доступу : <https://www.ebi.ac.uk/ena/browser/home>

8. FAIRsharing (Сховище даних та стандартів у геноміці та постгеноміці). – Режим доступу : <https://fairsharing.org/>

9. UniProt (База даних анотованих білкових послідовностей). – Режим доступу : <https://www.uniprot.org/>

10. Protein Data Bank in Europe (Банк даних про білки в Європі). – Режим доступу : <https://www.ebi.ac.uk/pdbe/>

11. ArrayExpress (База даних функціональної геноміки). – Режим доступу : <https://www.ebi.ac.uk/biostudies/arrayexpress>

12. ARK-Genomics Centre for Comparative and Functional Genomics (Центр порівняльної та функціональної геноміки). – Режим доступу : <https://www.ark-genomics.org/>

13. miRBase (База даних опублікованих послідовностей мікроРНК). – Режим доступу : <https://mirbase.org/>

14. RCSB Protein Data Bank (База даних протеїнів). – Режим доступу : <https://www.rcsb.org/>

15. Genome від NIH (Ресурс геноми від Національного інституту здоров'я). – Режим доступу : <https://www.nih.gov/>

16. SnapGene Viewer (Безкоштовне програмне забезпечення, що дозволяє створювати, переглядати та обмінюватися файлами послідовностей плазмід). – Режим доступу : <https://www.snapgene.com/snapgene-viewer>