

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра екобіотехнології та біорізноманіття

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Т.в.о. декана факультету захисту рослин,
біотехнологій та екології

_____ Коломієць Ю.В.
«15» червня 2020 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

На засіданні кафедри екобіотехнології та
біорізноманіття

Протокол № 16 від «9» червня 2020 р.

Завідувач кафедри
_____ Патика М.В.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

“БІОІНЖЕНЕРІЯ”

спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія
освітня програма Біотехнології та біоінженерія
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Розробники: д.с.-г.н., доцент Коломієць Ю.В.

Київ – 2020 р.

1. Опис навчальної дисципліни «Біоінженерія»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	Біотехнологія	
Напрямок підготовки	162 «Біотехнологія та біоінженерія»	
Спеціальність		
Освітній ступень	Бакалавр	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	82	
Кількість кредитів ECTS	2,3	
Кількість змістових модулів	3	
Форма контролю	Залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	4	4
Семестр	7	7
Лекційні заняття	30 год.	6 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	-
Лабораторні заняття	-	10 год.
Самостійна робота	22 год.	99 год.
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	4 год.	

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Метою даного курсу є ознайомлення студентів із принципами використання біологічних знань у виробництві практично цінних продуктів і набути розуміння про сучасні біотехнологічні процеси, які базуються на генетичній і клітинній інженерії.

Завдання курсу: формує знання про методи клонування фрагментів ДНК, особливості будови векторів на основі прокаріот та еукаріот, створення бібліотек геномів, рестрикційних карт, одержання лікарських препаратів, одержання трансгенних рослин і тварин. В результаті вивчення дисципліни бакалавр повинен вміти на основі новітніх досягнень, використовуючи методичні рекомендації, планувати та обирати оптимальні умови для отримання рекомбінантних ДНК та трансформації генетичного матеріалу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основи клітинної біотехнології;
- принципи складання живильних середовищ;
- технологічні прийоми культивування рослинних клітин;
- різні культуральні системи;
- прийоми іммобілізації, фізіолого-біохімічні особливості іммобілізованих препаратів, їх промислове використання;
- класифікацію, номенклатуру, фізичні і хімічні властивості та засоби одержання органічних речовин, що є у складі сировини, проміжних продуктів та основних продуктів виробництв галузі;
- хімічні, фізичні, біохімічні та біологічні основи технологічних процесів виробництв;
- основні напрями та завдання сучасної генетичної інженерії;
- методи одержання генетично модифікованих організмів;
- методи клонування фрагментів ДНК;
- особливості будови векторів на основі прокаріот та еукаріот;
- створення бібліотек геномів, рестрикційних карт;
- одержання лікарських препаратів.

вміти:

- культивування різних об'єктів біотехнології зі знанням механізмів основних біологічних процесів живих клітин;
- розробка біотехнологічних процесів з участю очищених ферментів або ферментів, що знаходяться всередині клітини;
- планувати та організовувати технологічні процеси, вибирати оптимальні умови здійснення цих процесів та керувати ними згідно з власними рішеннями щодо використання засобів автоматизації, користуватися сучасними методами контролю технологічних операцій та готової продукції;
- формулювати завдання на розробку нових та удосконалення існуючих технологічних процесів, які відповідають сучасним потребам суспільства;
- на основі новітніх досягнень, використовуючи методичні рекомендації, планувати та обирати оптимальні умови для отримання рекомбінантних ДНК та трансформації генетичного матеріалу.

Набуття компетентностей:

загальні компетентності (ЗК):

Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

Здатність виявляти ініціативу та підприємливість

фахові (спеціальні) компетентності (ФК):

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.

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

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

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Культура клітин

Тема лекційного заняття 1. Культура клітин вищих рослин

Використання культури рослинних клітин. Сфери застосування культури клітин вищих рослин. Напрями створення нових технологій на основі культивованих тканин і клітин рослин. Отримання біологічно активних речовин рослинного походження. Прискорене клональне мікророзмноження рослин. Отримання безвірусних рослин. Ембріокультура і запліднення *in vitro*. Культури пиляків і пилку. Клітинний мутагенез і селекція. Кріоконсервація. Імобілізація рослинних клітин. Соматична гібридизація на основі злиття рослинних протопластів. Конструювання клітин шляхом введення різних клітинних органел. Генетична трансформація на хромосомному і генному рівнях. Вивчення системи «господар – паразит» з використанням вірусів, бактерій, грибів і комах. Історія методу.

Тема лекційного заняття 2. Культура соматичних клітин

Тотипотентність – основа культивування рослинних клітин. Калюс – основний тип культивованої рослинної клітини. Клітинне диференціювання, дедиференціювання. Причини гетерогенності калюсної тканини. Ауксин – один з найважливіших гормонів, який використовується при культивуванні *in vitro*. Дія ауксинів. Морфологічна характеристика калюсних тканин. Два типи культивованих рослинних кліток: нормальні і пухлинні. Детермінація. Компетенція. Морфологічні процеси, що протікають в калюсній тканині. Генетична обумовленість процесів морфогенезу відбивається в зміні синтезу і-РНК, білків, активних ферментів. Факти, які свідчать про генетичну обумовленість ознаки регенерації. Суспензійні культури. Культивування окремих клітин. Культура гаплоїдних клітин.

Тема лекційного заняття 3. Основні типи біопроцесів

Основні типи біопроцесів: виробництво біомаси (наприклад, білок одноклітинних); клітинних компонентів (ферменти, нуклеїнові кислоти і т.д.) метаболітів (хімічні продукти метаболічної активності), включаючи первинні метаболіти, такі як етанол, молочна кислота; вторинні метаболіти; односубстратні конверсії (перетворення глюкози на фруктозу); багатосубстратні конверсії (обробка стічних вод, утилізація лігноцелюлозних відходів). Термін білок одноклітинних (БІК). Виробництво спиртів і поліолів. Виробництво вторинних метаболітів. Мікробні біотрансформації. Виробництво ферментів. Амінокислоти, органічні кислоти, вітаміни і інші біопродукти. Біоконверсія лігноцелюлозних ферментів.

Тема лекційного заняття 4. Біотехнологія одержання первинних метаболітів

Виробництво амінокислот. Незамінні амінокислоти. Методи одержання білкових амінокислот. Гідроліз природної білоквмісної сировини. Хімічний синтез. Мікробіологічний синтез. Біотрансформація попередників амінокислот за допомогою мікроорганізмів або виділення з них ферментів. Біотехнологія виробництва L-метіоніну. Біотехнологія виробництва L-триптофану. Біотехнологія виробництва L-лізину. Біотехнологія виробництва L-треоніну. Біотехнологія виробництва L-аспарагінової кислоти. Біотехнологія виробництва L-глутамінової кислоти. Біотехнологія одержання вітамінів. Виробництво органічних кислот: оцтової, лимонної кислот.

Тема лекційного заняття 5. Біотехнологія одержання вторинних метаболітів

Біотехнологія виробництва антибіотиків. Класи антибіотиків: β -лактамі, тетрацикліни, макроліди, аміноглікозиди, глікопептиди, амфеніколи, лінкосаміди, полієнові, протипухлинні. Виробництво β -лактамних антибіотиків. Модифікація β -лактамних антибіотиків. Одержання 6-амінопеніциланової кислоти. Одержання 7- λ -аміноцефалоспоринової кислоти. Створення нової біотехнології виробництва і застосування антибіотиків. Одержання промислово важливих стероїдів.

Тема лекційного заняття 6. Основні принципи промислового здійснення біотехнологічних процесів

Стадії біотехнологічного виробництва. Процеси промислової біотехнології розділяють на 2 великих групи: виробництво біомаси і отримання продуктів метаболізму. Переваги і недоліки біотехнологічних виробництв порівняно з хімічними технологіями. Принципи схеми біотехнологічних процесів. Основні вимоги, які ставляться до систем, що використовуються до процесів ферментації.

Тема лекційного заняття 7. Схеми ферментаційних процесів

Загальна схема ферментаційних процесів. Типи і режими ферментації: періодичні і безперервні процеси. Продукти першої і другої стадії ферментації. Взаємозв'язок тропо- і ідофази при одержанні первинних і вторинних метаболітів. Підготовка сировини. Стадія ферментації. Відкриті і замкнені ферментаційні системи. Проблеми аерації, піногасіння, асептики и стерильності при різних ферментаціях. Стерилізації газових потоків. Стерилізація рідинних потоків: термічний, радіаційний, фільтрація і частково хімічний.

Тема лекційного заняття 8. Біореактори

Принципи підбору і конструювання біореакторів. Основні вимоги до біореакторів. Системи перемішування, які використовуються в сучасних ферментерах. Принципи масштабування технологічних процесів: лабораторні, пілотні і промислові ферментери та задачі, які вирішуються з їхньою допомогою. Залежність конструктивних особливостей біореакторів від властивостей субстрата. Спеціалізовані ферментаційні технології: аеробні, твердофазні і газофазні процеси.

Тема лекційного заняття 9. Завершальні стадії одержання продуктів біотехнологічних процесів

Відділення біомаси: флотація, фільтрування і центрифугування. Методи дезінтеграції клітин: фізичні, хімічні, біологічні. Виділення і очистка цільових продуктів з культуральної рідини: механічні, хімічні або комбіновані методи. Осадження, екстрагування, адсорбція. Сепарація. Методи тонкого очищення і розділення препаратів. Хроматографія. Електрофорез. Імуноелектрофорез. Концентрування. Обезводення. Модифікація і стабілізація цільових продуктів біотехнологічних процесів. Отримання товарних форм препаратів. Біопрепарати, що мають в товарному продукті як основний компонент життєздатні мікроорганізми. Біопрепарати, до складу яких входить інактивована біомаса кліток і продукти її переробки. Біопрепарати на основі очищених продуктів метаболізму мікроорганізмів.

Змістовий модуль 2. Інструментальна біоінженерія

Тема лекційного заняття 1. Нові експериментальні системи для вивчення синтезу вторинних метаболітів з використанням культури тканин рослин

Імобілізація рослинних клітин: необхідність, основні методи. Вторинні метаболіти: алкалоїди, стероїди, масла і пігменти. Методи імобілізації клітин: імобілізація клітин або субклітинних органелл в інертному субстраті; адсорбція клітин на інертному субстраті; адсорбція клітин на інертному субстраті за допомогою біологічних макромолекул; ковалентне з'єднання з інертним носієм. Фізіологічні основи переваги імобілізованих рослинних клітин перед традиційними способами культивування. Переваги імобілізованих клітин. Системи культивування імобілізованих клітин: система культури з плоскою основою, система колоночної культури. Загальні рекомендації до культивування клітин.

Тема лекційного заняття 2. Імобілізовані ферменти та білки

Імобілізація ферментів. Носії для імобілізації ферментів: природні органічні носії, синтетичні полімери, адсорбенти. Методи імобілізації ферментів. Фізичні методи імобілізації ферментів: імобілізація ферментів шляхом адсорбції, шляхом включення в гелі, з використанням напівпроникних оболонок (мембран), використання ліпосом (мономеллярні, мультимеллярні, макровезикулярні), з використанням двофазного типу. Хімічні методи імобілізації ферментів: ковалентне з'єднання з носієм, зшивка фермента з носієм з використанням зшиваючого реагента Н-С-Ф, поперечна зшивка за допомогою бі- або поліфункціональних реагентів. Кінетика реакцій, каталізованих імобілізованими ферментами: рівняння Міхаеліса-Ментен. Конформаційні властивості імобілізованих ферментів. Ефекти обумовлені розподіленням реагентів в системі, яка містить імобілізовані ферменти. Залежність швидкості ферментативної реакції від концентрації субстрату. Залежність швидкості реакції від температури, від питомої концентрації імобілізованих ферментів, від швидкості перемішування. Стеричні обмеження в каталізі імобілізованими ферментами. Залежність каталітичної активності фермента, імобілізованого на іонізованому носії від значення рН. Вплив активаторів і інгібіторів на дію імобілізованих ферментів. Імобілізовані поліферментні системи. Стабільність імобілізованих ферментів. Зшивання фермента біфункціональними агентами. Хімічна модифікація білків.

Тема лекційного заняття 3. Імобілізовані ферменти та білки як перспективні засоби для промисловості

Використання імобілізованих ферментів в промислових процесах. Одержання глюкозо-фруктозних сиропів, L-амінокислот, L-аспарагінової кислоти, L-яблучної кислоти, безлактозного молока, цукрів із молочної сироватки, 6-амінопеніцилланової кислоти. Імобілізовані ферменти та білки як перспективні лікарські засоби. Водорозчинні препарати імобілізованих білків. Включення білкових ліків до ліпосом. Включення ферментів до „тіней” еритроцитів. Препарати імобілізованих білків для місцевого застосування. Використання імобілізованих ферментів в мікроаналізі.

Тема лекційного заняття 4. Технологія ферментних препаратів

Ферменти, що отримуються промисловим способом, їх застосування. Класифікація ферментів заснована на механізмі їх дії і включає 6 класів. Гідролази. Їх основна функція. Протеолітичні ферменти. Їх дія. Пектолітичні ферменти. Пектинази діляться на дві групи – гідролази і транселімінази. Целюлолітичні ферменти. Їхня дія, застосування. Чинники, що впливають на біосинтез ферментів. Глибинний метод культивування продуцентів ферментів. Приготування живильних середовищ. Отримання засівного матеріалу. Виробниче культивування. Виділення. Отримання товарної форми. Поверхневий метод культивування продуцентів ферментів. Схема очищення ферментів. Стандартизація ферментного препарату.

Тема лекційного заняття 5. Технології моноклональних антитіл

Гібридоми. Одержання моноклональних антитіл. Використання моноклональних антитіл. Використання моноклональних антитіл в терапії злоякісних пухлин. Виробництво моноклональних антитіл.

Тема лекційного заняття 6. Імуноферментний аналіз

Структура антитіл. Одержання антитіл. Принципи імунохімічного аналізу. Методи імуноферментного аналізу. Імуноферментний аналіз без розділення компонентів (гомогенний аналіз). Імуноферментний аналіз без розділення компонентів з використанням „ферментних каналів”. Імуноферментний аналіз з розділенням компонентів (гетерогенний аналіз): конкурентні і імунометричні. Імуноферментний аналіз з розділенням компонентів для визначення системи „авідін-біотин”: мічений авідін-біотин (МАБ-метод), „авідін-біотиновий мостик” (АБМ-метод), авідін-біотиновий комплекс (АБК-метод). Використання імуноферментного аналізу.

Тема лекційного заняття 7. Біосенсори

Будова біосенсорів. Біоафінні біосенсори. Фермент-метаболітичні біосенсори. Переваги біосенсорів. Біоімуносенсори. Принцип роботи і характеристика біосенсорів на основі іммобілізованих ферментів. Біорецептори. Біосенсори на основі L-глутаматоксидази. Оптичні біосенсори. Біосенсори на основі нуклеїнових кислот. Фізико-хімічні датчики.

Змістовий модуль 3. Практичне використання біоінженерії

Тема лекційного заняття 1. Основні напрямки та завдання сучасної біоінженерії

Генетична інженерія. Передумови її появи, становлення. Основні напрямки та завдання сучасної біотехнології і генетичної інженерії. Зв'язок генетичної інженерії з іншими біологічними та сільськогосподарськими науками. Використання генетичної інженерії в селекції, рослинництві, медицині, фармакології та інших галузях народного господарства. Нові галузі промисловості, які створені на основі генетичної інженерії. Роль генетичної інженерії та біотехнології в прискоренні науково-технічного прогресу в галузях народного господарства. Предмет і завдання генетичної інженерії. Галузі використання генетичної інженерії. Трансгенні і трансгеномні рослини. Історія становлення генетичної інженерії як науки і практичної діяльності. Молекулярно-генетичні і фізіологічні основи генетичної інженерії.

Тема лекційного заняття 2. Молекулярні основи біоінженерії

Молекули спадковості. Генетична роль нуклеїнових кислот. Структура нуклеїнових кислот. Будова ДНК. Фізичні властивості ДНК: гіперхромний ефект, денатурація (плавлення), ренатурація, молекулярна гібридизація. РНК: транспортна, рибосомальна, матрична. Реплікація ДНК. Синтез білків в клітині. Транскрипція. Процес утворення іРНК у еукаріот. Генетичний код. Трансляція генетичного коду. Як працюють гени. Регуляція транскрипції РНК. Регуляція роботи генів у вищих організмів.

Тема лекційного заняття 3. Молекулярна організація геномів

Геном вірусів і прокариот. Транспозонні елементи прокариот. Позахромосомні генетичні елементи. Особливості геномів вищих організмів. Рухливі генетичні елементи.

Тема лекційного заняття 4. Одержання індивідуальних генів

Виділення генів із ДНК. „Інструменти” генної інженерії: рестриктази, ДНК-полімераза I, ДНК-лігази, зворотня транскриптаза. Принцип будови рестрикційних карт. Синтез генів на основі виділеної із клітини мРНК. Хімічний синтез генів. Фосфорамідитний метод. Секвенування ДНК. Дидезоксинуклеотидний метод. Секвенування на основі фага $\mu 13$. Секвенування ДНК методом „блукаючої затравки”. Полімеразно ланцюгова реакція. Синтез генів за допомогою ПЛР.

Тема лекційного заняття 5. Вектори для генетичної інженерії

Вектори прокариот. Вектори еукариот. Плазмиди. F-плазмиди. Плазмиди R. Вектори на основі бактеріофага λ . Зборка фагів λ in vitro. Косміди. Ретровірусні вектори. Генетична інженерія у бактерій і дріжджів.

Конструювання вектора (вбудовування гена в вектор). Підготовка фрагментів ДНК для клонування. Метод одержання рекомбінантної ДНК за допомогою липких кінців. Коннекторний метод. Лінкерний метод. Введення вектора в клітину-реципієнт. Трансдукція. Трансформація. Кон'югація. Трансфекція. Електропорація. Мікроін'єкції.

Клонування генів. Ідентифікація і відбір клітин, які несуть рекомбінантну ДНК. Скринінг за допомогою гібридизації. Імунологічний скринінг. Скринінг за активністю білка.

Тема лекційного заняття 6. Експресія клонованих генів

Експресія клонованих генів. Експресія генів, клонованих в прокариотичних системах. Експресія генів за участю сильних регульованих промоторів. Химерні білки. Трансляційні експресуючі вектори. Стабілізація білків. Експресія еукариотичних генів. Експресія генів, клонованих в еукариотичних системах. Системи експресії дріжджів. Штучні дріжджові хромосоми. Система експресуючих векторів на основі бакуловірусів. Експресуючі вектори для роботи з клітинами ссавців. Селективні маркери тваринних клітин.

Тема лекційного заняття 7. Генетична інженерія рослин

Методи і техніка трансформації. Трансформація за допомогою агробактерій. Інокуляція тканинних експлантів. Метод кокультивації. Метод трансформації листкових дисків. Метод вільного поглинання або кокультивації рослинних клітин. Ін'єкція ДНК в клітини і рослини. Метод електропорації. Упаковка ДНК в ліпосоми. Метод біолистики. Трансгенні рослини для цілей практичної селекції. Підвищення продуктивності рослин. Стійкість рослин до гербіцидів, комах, вірусів. Регуляція терміну дозрівання. Стійкість до грибкових, бактеріальних захворювань і нематод. Стійкість до абіотичних стресів. Чоловічостерильні форми рослин. Збалансований амінокислотний склад запасних білків. Зміна складу рослинного масла. Одержання білків, антитіл, вакцин з трансгенних рослин. Зміна складу накопичуваних вуглеводів, вторинних метаболітів, смакових і товарних властивостей у трансгенних рослин. Зміна кольору у декоративних рослин.

Тема лекційного заняття 8. Одержання трансгенних тварин

Культивування клітин тварин. Середовища для культури клітин. Стерилізація. Виділення клітин для культури. Особливості біології клітин в культурі. Консервування клітин тварин. Використання культивованих клітин тварин. Одержання трансгенних тварин за допомогою ретровірусів. Мікроін'єкції ДНК в пронуклеуси зигот. Використання модифікованих ембріональних стовбурових клітин. Клонування за допомогою пересадки ядер. Високошвидка механічна ін'єкція ДНК в зародкові клітини. Використання ліпосом і рецепторопосередковане перенесення ДНК. Перенесення генів за допомогою штучних дріжджових хромосом. Галузі використання трансгенезу.

Тема лекційного заняття 9. Одержання лікарських препаратів методами генної інженерії

Одержання інсуліну. Одержання соматотропіну. Одержання генно-інженерних продуктів методом непрямой експресії. Одержання інтерферону. Вакцини. Живі вакцини. Вбиті корпускулярні вакцини. Хімічні вакцини. Анатоксини. Асоційовані вакцини. Нові принципи конструювання вакцин. Вакцини штучних антигенів. Субклітинні (рибосомальні) вакцини. Генно-інженерні вакцини. Лікарські засоби проти СНІДу.

Тема лекційного заняття 10. Генна терапія

Програми генної терапії. Генна терапія ex vivo. Генна терапія in vivo. Системи доставки генів, які використовуються в генній терапії. Вірусні системи доставки генів: ретровіруси, аденовіруси, вірус простого герпеса I типу (HSV). Невірусні системи доставки

генів: доставка генів за допомогою ліпосом, штучна хромосома людини. Активація попередника лікарського засобу. Лікарські засоби на основі олігонуклеотидів.

Тема лекційного заняття 11. Біотехнологія і біобезпека

Стан проблеми. Поняття безпеки та біобезпеки. Біобезпека в клітинній, тканинній та органогенній біотехнологіях. Проблеми екологічної безпеки використання генетично модифікованих рослин. Критерії, показники та методи оцінки генетично модифікованих організмів та отриманих з них продуктів на біобезпеку. Державний контроль та державне регулювання в області генно-інженерної діяльності і використанні ГМО та одержаних з них рослин. Стандартизація в біотехнології та біоінженерії. Реакція світового суспільства на прискорений розвиток біотехнології і біоінженерії в провідних країнах світу. Шляхи подолання відставання біотехнології, біоінженерії та біобезпеки в Україні.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р		л	п	лаб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Культура клітин												
Тема 1. Культура клітин вищих рослин		2	2		4			1	1		5	
Тема 2. Культура соматичних клітин		1	1		3						5	
Тема 3. Основні типи біопроектів		1	1		3						5	
Тема 4. Біотехнологія одержання первинних метаболітів		1	1		3						2	
Тема 5. Біотехнологія одержання вторинних метаболітів		2	2		4						5	
Тема 6. Основні принципи промислового здійснення біотехнологічних процесів		1	1		3						5	
Тема 7. Схеми ферментаційних процесів		1	1		3			1			2	
Тема 8. Біореактори		1	1		3				1		5	
Тема 9. Завершальні стадії одержання продуктів біотехнологічних процесів		1	1		3						5	
Разом за змістовим модулем 1		11	11		29			2	2		44	
Змістовий модуль 2. Інструментальна біоінженерія												
Тема 1. Нові експериментальні системи		1	1		3			1	1		6	
Тема 2. Імобілізовані ферменти та білки		2	2		4				1		5	

Тема 3. Імобілізовані ферменти та білки як перспективні засоби для промисловості		2	2		4				1		5	
Тема 4. Технологія ферментних препаратів		2	2		4						5	
Тема 5. Технології моноклональних антитіл		1	1		3						2	
Тема 6. Імуноферментний аналіз		2	2		4				1		2	
Тема 7. Біосенсори		1	1		3						6	
Разом за змістовим модулем 2		11	18		25			1	4	4	31	
Змістовий модуль 3. Практичне використання біоінженерії												
Тема 1. Основні напрямки та завдання сучасної біоінженерії		1	1		3			1	1		2	
Тема 2. Молекулярні основи біоінженерії		1	1		3						2	
Тема 3. Молекулярна організація геномів		1	1		3						2	
Тема 4. Одержання індивідуальних генів		1	1		4				1		2	
Тема 5. Вектори для генетичної інженерії		1	1		4						2	
Тема 6. Експресія клонованих генів		1	1		4						2	
Тема 7. Генетична інженерія рослин		2	2		4						2	
Тема 8. Одержання трансгенних тварин		1	1		4						2	
Тема 9. Одержання лікарських препаратів методами генної інженерії		1	1		4						2	
Тема 10. Генна терапія		1	1		4				1		3	
Тема 11. Біотехнологія і біобезпека		1	1		4				1		2	
Разом за змістовним модулем 3		12	12		40			1	4		24	
Курсовий проект (робота) з _____ (якщо є в робочому навчальному плані)		-	-	-	-			-	-	-	-	
Усього годин		34	34		94			4		10	94	

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Не передбачено робочим навчальним планом	

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1.		
1	Якісне визначення білка в біологічному матеріалі	2
2	Фракціонування білків	1
3	Визначення молекулярної маси білків	1
4	Визначення амінокислотного складу білків і пептидів	1
5	Гель-хроматографія в тонкому шарі сефадекса	2
6	Імобілізація рослинних клітин	1
7	Соматична гібридизація на основі злиття рослинних протопластів	1
8	Генетична трансформація на хромосомному і генному рівнях	1
9	Морфологічна характеристика калюсних тканин	1
Змістовий модуль 2.		
1	Гідроліз білків до пептидів	1
2	Визначення функціональних груп в білках і пептидах	2
3	Якісне визначення нуклеїнових кислот в біологічному матеріалі	2
4	Генетична обумовленість процесів морфогенезу	2
5	Суспензійні культури. Культивування окремих клітин	1
6	Культура гаплоїдних клітин	2
7	Вивчення системи «господар-паразит» з використанням вірусів, бактерій, грибів і комах	1
Змістовий модуль 3.		
1	Виділення і очистка за методом Мармура	1
2	Гіперхромний ефект і визначення температури плавлення ДНК	1
3	Адсорбційна хроматографія нуклеїнових кислот	1
4	Розділення сумарної фракції РНК	1
5	Одержання рестриктів ДНК фагу λ і розділення їх за допомогою електрофореза	1
6	Виробництво амінокислот	1
7	Виробництво β -лактамних антибіотиків	2
8	Модифікація β -лактамних антибіотиків	1
9	Отримання товарних форм препаратів	1
10	Біопрепарати на основі живих мікроорганізмів	1
11	Біопрепарати на основі метаболітів бактерій	1

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
	Не передбачено робочим навчальним планом	

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

№ з/п	Контрольні питання
1	Якісне визначення білка в біологічному матеріалі
2	Фракціонування білків
3	Визначення молекулярної маси білків
4	Визначення амінокислотного складу білків і пептидів
5	Гель-хроматографія в тонкому шарі сефадекса
6	Імобілізація рослинних клітин
7	Соматична гібридизація на основі злиття рослинних протопластів
8	Генетична трансформація на хромосомному і генному рівнях
9	Морфологічна характеристика калюсних тканин
10	Гідроліз білків до пептидів
11	Визначення функціональних груп в білках і пептидах
12	Якісне визначення нуклеїнових кислот в біологічному матеріалі
13	Генетична обумовленість процесів морфогенезу
14	Суспензійні культури. Культивування окремих клітин
15	Культура гаплоїдних клітин
16	Вивчення системи «господар-паразит» з використанням вірусів, бактерій, грибів і комах
17	Виділення і очистка за методом Мармура
18	Гіперхромний ефект і визначення температури плавлення ДНК
19	Адсорбційна хроматографія нуклеїнових кислот
20	Розділення сумарної фракції РНК
21	Одержання рестриктів ДНК фагу λ і розділення їх за допомогою електрофореза
22	Виробництво амінокислот
23	Виробництво β -лактамних антибіотиків
24	Модифікація β -лактамних антибіотиків
25	Отримання товарних форм препаратів
26	Біопрепарати на основі живих мікроорганізмів
27	Біопрепарати на основі метаболітів бактерій

Тестові питання:

- 1. Дайте визначення терміну ауксотрофні мутанти.**
у бланк відповідей впишіть вірну відповідь.
- 2. Дайте визначення терміну електрофорез.**
у бланк відповідей впишіть вірну відповідь.
- 3. Дайте визначення терміну суспензійні культури.**
у бланк відповідей впишіть вірну відповідь.
- 4. Дайте визначення терміну гібридома.**
у бланк відповідей впишіть вірну відповідь.
- 5. Дайте визначення терміну ДНК-технології.**
у бланк відповідей впишіть вірну відповідь.
- 6. При використанні дріжджів можна отримати спирт використовуючи бактерії:**
 - 1 *Aspergillus*
 - 2 *Lactobacillus*
 - 3 *Sporotrichum*
 - 4 *Klebsiella*
 - 5 *Eremothecium*

7. Стандартна температура при якій прийнято визначати активність ферментів:

- 1 25°C
- 2 30 °C
- 3 40 °C
- 4 50 °C
- 5 0 °C

8. Основна функція амілаз:

- 1 не гідролітичне розщеплення пектинових речовин
- 2 гідроліз крохмалю, глікогену
- 3 гідроліз білків, пептидів
- 4 розривання глікозидних зв'язків
- 5 де полімеризація молекул целюлози

9. Приклад промислових біоконверсій:

- 1 виробництво глюконової кислоти з етанолу
- 2 виробництво глюконової кислоти з сахарози
- 3 виробництво оцту з глюкози
- 4 виробництво оцту з сахарози
- 5 виробництво глюконової кислоти з глюкози

10. Виробництво ферментних препаратів:

- 1 довготривале, періодичне культивування
- 2 на твердом, в рідкому середовищах
- 3 глибинне, твердо фазне
- 4 поверхневе, періодичне
- 5 глибинне, поверхневе

11. Пектолітичні ферменти застосовують у:

- 1 сироварінні, виробництві заквасок
- 2 спиртній промисловості, хлібопекарстві
- 3 консервації соків, текстильній промисловості
- 4 легкій промисловості
- 5 виробництві миючих засобів, парфумерії

12. До параметрів росту калюсних тканин відноситься:

- 1 визначення довжини і ширини клітини
- 2 визначення молекулярної маси ДНК
- 3 визначення життєздатності клітин
- 4 визначення сирої та сухої ваги, підрахунок клітин
- 5 визначення вмісту білку, ДНК, РНК

13. Компетенція - це:

- 1 придбання клітиною стану готовності до реалізації певних спадкових властивостей
- 2 індукування росту та розвитку клітини
- 3 здатність однієї зрілої соматичної клітини дати початок цілому організму
- 4 здатність клітини сприймати індукуючу дію і специфічно реагувати на нього
- 5 розвиток за певним шляхом з обмеженням можливості розвитку в інших напрямках

14. ІФА:

- 1 метод виділення ферментів
- 2 виділення протопластів рослинних клітин шляхом їх плазмолізування
- 3 метод, що заснований на ідентифікації комплексів антиген-антитіло
- 4 експериментальний метод медичної діагностики
- 5 імунологічний метод для визначення наявності певних антигенів

15. Продуценти β-лактамних антибіотиків:

- 1 грампозитивні бактерії *Penicillum*
- 2 грам негативні бактерії *Bacillus*
- 3 гриби роду *Cephalosporum*

- 4 хламідії роду *Micromonospora*
- 5 актиноміцети роду *Streptomyces*

16. L-метіонін одержують:

- 1 синтетичним шляхом із аміноацилази
- 2 хімічним шляхом з індолу та ефіру
- 3 синтетичним шляхом з акролеїну
- 4 синтетичним шляхом з акроїзомерів
- 5 синтетичним шляхом акроацилу

17. Епітопи – це:

- 1 молекули біополімеру
- 2 антигенні детермінанти
- 3 специфічні антигени
- 4 специфічні антитіла
- 5 Лімфоцити

18. Буферний розчин – це:

- 1 реакційне середовище, яке містить йони Mg^{+} , необхідні для підтримки активності ферменту
- 2 реакційне середовище, яке містить йони Mg^{+} , необхідні для ампліфікації ДНК
- 3 реакційне середовище, яке містить йони K^{+} , необхідні для підтримки активності ферменту
- 4 реакційне середовище, яке містить йони Ca^{+} , необхідні для підтримки активності ферменту
- 5 реакційне середовище, яке містить йони Ca^{+} , необхідні для ампліфікації ДНК

19. Температурний оптимум Tth-полімерази:

- 1 50 °C
- 2 65 °C
- 3 0 °C
- 4 60 °C
- 5 75 °C

20. Поставте одержання моноклональних антитіл у правильному порядку:

- 1 відбір гібридом
- 2 гібридизація, підготовка до фузії та злиття
- 3 клонування гібридом них клітин
- 4 імунізація тварин
- 5 Культивування

21. Рекомбінантна молекула ДНК для виробництва триптофану складається:

- 1 фрагмент ДНК + триптофанів оперон + плазмідний вектор *E.coli*
- 2 вірусна ДНК + триптофанів оперон + плазмідний вектор *E.coli*
- 3 бактеріальна ДНК + триптофанів оперон + плазмідний вектор *E.coli*
- 4 рекомбінантна ДНК + триптофанів оперон + вектор бактеріофага λ
- 5 рекомбінантна ДНК + триптофанів оперон + вектор бактеріофага $\mu 13$

22. Ядром пеніциліну є:

- 1 7 α -аміноцефалоспоринова кислота
- 2 7-амінопеніцилінова кислота
- 3 6 α -аміноцефалоспоринова кислота
- 4 6-амінопеніцилінова кислота
- 5 6-амінопектинова кислота

23. Ферменти для розділення рацемічної суміші:

- 1 аміноацилаза
- 2 Рацемаза
- 3 ізомер аза
- 4 Ацитилаза

5 Ацилізомераза

24. Реагент для висолювання:

- 1 сульфат калію
- 2 сульфат натрію
- 3 нітрат амонію
- 4 сульфат амонію
- 5 нітрат калію

25. Вторинні метаболіти:

- 1 амінокислоти, нуклеїнові кислоти
- 2 антибіотики, гормони росту рослин
- 3 целюлоза, геміцелюлоза
- 4 вітаміни, амінокислоти
- 5 пептиди, цукри

26. Продуценти лимонної кислоти:

- 1 *Candida*
- 2 *Acetobacterium woodi*
- 3 *Aspergillus niger*
- 4 *Clostridium aceticum*
- 5 *Eremothecium ashbyii*

27. Вимоги до носіїв в ІФА:

- 1 велика питома поверхня
- 2 низька гідрофільність
- 3 низька хімічна міцність
- 4 ступінчаста активація
- 5 всі варіанти вірні

28. Конкурентний сандвіч-метод заснований на:

- 1 використанні у якості твердої фази акрилового гелю
- 2 сортуванні на тверду фазу первинних антитіл
- 3 використанні у якості твердої фази нітроцелюлозного фільтру
- 4 визначенні полівалентних антитіл
- 5 інкубуванні комплексу антиген-антитіло з кон'югатом

29. Утримування адсорбованої молекули ферменту на поверхні може забезпечуватись за рахунок:

- 1 броунівського руху
- 2 хімічних зв'язків
- 3 вандерваальсових взаємодій
- 4 водневих зв'язків
- 5 гідрофобних взаємодій

30. Способи одержання L-глутамінової кислоти:

- 1 гідроліз природних білків, хімічний синтез з ацетальдегіда та гліцину, мікробіологічний синтез
- 2 хімічний синтез з акрилонітрилу, мікробіологічний синтезом, виділення з цукрової меляси
- 3 мікробіологічний, хімічний синтез з ацетальдегіда та гліцину, виділення з цукрової меляси
- 4 хімічний синтез з акролеїну, мікробіологічний синтез, виділення з білкових гідролізатів
- 5 мікробіологічний, хімічний синтез з акролеїну, гідроліз природних білків

8. Методи навчання

Успіх навчання загалом залежить від внутрішньої активності студентів, від характеру їхньої діяльності, то саме характер діяльності, ступінь самостійності та творчості мають бути важливими критеріями у виборі методу.

Пояснювально-ілюстративний метод. Студенти здобувають знання, слухаючи розповідь, лекцію, з навчальної або методичної літератури, через екранний посібник у "готовому" вигляді. Сприймаючи й осмислюючи факти, оцінки, висновки, вони залишаються в межах репродуктивного (відтворювального) мислення. Такий метод якнайширше застосовують для передавання значного масиву інформації. Його можна використовувати для викладення й засвоєння фактів, підходів, оцінок, висновків.

Репродуктивний метод. Ідеться про застосування вивченого на основі зразка або правила. Діяльність тих, кого навчають, є алгоритмічною, тобто відповідає інструкціям, розпорядженням, правилам - в аналогічних до представленого зразка ситуаціях.

Метод проблемного викладення. Використовуючи будь-які джерела й засоби, педагог, перш ніж викладати матеріал, ставить проблему, формулює пізнавальне завдання, а потім, розкриваючи систему доведень, порівнюючи погляди, різні підходи, показує спосіб розв'язання поставленого завдання. Студенти стають ніби свідками і співучасниками наукового пошуку.

Частково-пошуковий, або евристичний метод. Його суть - в організації активного пошуку розв'язання висунутих педагогом (чи самостійно сформульованих) пізнавальних завдань або під керівництвом педагога, або на основі евристичних програм і вказівок. Процес мислення набуває продуктивного характеру, але його поетапно скеровує й контролює педагог або самі студенти на основі роботи над програмами (зокрема й комп'ютерними) та з навчальними посібниками. Такий метод, один з різновидів якого є евристична бесіда, - перевірений спосіб активізації мислення, спонукання до пізнання.

Дослідницький метод. Після аналізу матеріалу, постановки проблем і завдань та короткого усного або письмового інструктажу ті, кого навчають, самостійно вивчають літературу, джерела, ведуть спостереження й виміри та виконують інші пошукові дії. Ініціатива, самостійність, творчий пошук виявляються в дослідницькій діяльності найповніше. Методи навчальної роботи безпосередньо переходять у методи, які імітують, а іноді й реалізують науковий пошук.

9. Форми контролю

Контроль знань і умінь студентів (поточний і підсумковий) з дисципліни здійснюють згідно з кредитно-модульною системою організації навчального процесу. Рейтинг студента із засвоєння дисципліни визначається за 100 бальною шкалою. Він складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

Критерії оцінки рівня знань на лабораторних, семінарських та практичних заняттях. На лабораторних заняттях кожен студент з кожної теми виконує індивідуальні завдання. Рівень знань оцінюється: "відмінно" – студент дає вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично вірні відповіді не менш ніж на 90% запитань, рішення задач та лабораторні вправи вірні, демонструє знання підручників, посібників, інструкцій, проводить узагальнення і висновки, акуратно оформляє завдання, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; "добре" – коли студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій і розрахунків, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; "задовільно" – коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 60% питань, або на всі запитання дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки, які виправляє за допомогою викладача. При цьому враховується наявність конспекту за темою завдань та самостійність; "незадовільно з можливістю повторного складання" – коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 35% питань, або на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки. Має неповний конспект лекцій.

Підсумкова (загальна оцінка) курсу навчальної дисципліни. Є сумою рейтингових оцінок (балів), одержаних за окремі оцінювані форми навчальної діяльності: поточне та

підсумкове тестування рівня засвоєності теоретичного матеріалу під час аудиторних занять та самостійної роботи (модульний контроль); оцінка (бали) за виконання лабораторних досліджень. Підсумкова оцінка виставляється після повного вивчення навчальної дисципліни, яка виводиться як сума проміжних оцінок за змістовні модулі. Остаточна оцінка рівня знань складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

11. Методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: державні стандарти освіти, навчальні плани, навчальні програми з усіх нормативних і вибірковок навчальних дисциплін; програми навчальної, виробничої та інших видів практик; підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали до семінарських, практичних і лабораторних занять; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи студентів.

12. Рекомендована література

Базова

1. Мельничук М.Д., Новак Т.В., Кунах В.А. Біотехнологія рослин. К., Поліграфконсалтинг, 2003. – 520 с.
2. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; За заг.ред. В.Г. Герасименка. – К: Фірма «ІНКОС», 2006. – 647 с.
3. Сингер М., Берг П. Гены и геномы. Перевод с англ, в 2-х томах. / М.: Мир, 2002. – 764 с.
4. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. Пер. с англ. – М.: Мир, 2002 – 589 с.
5. А.А. Спирин (ред.). Молекулярная биология. В 2-х томах. – М.: Высшая школа, 1990, 1986. – 350.
6. Методы культивирования клеток. – Л.: Наука, 1988. – 315 с.
7. Перт С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. – М.: Мир, 1978. – 333 с.
8. Культура клеток растений. – М.: Наука, 1981. – 168 с.
9. Адамс Р. Методы культуры клеток для биохимиков. – М.: Мир, 1983. – 263 с.

10. Березин И. В., Клесов А. А., Швядас В. К. и др. Инженерная энзимология. – М.: Высш. шк., 1987. – 250 с.
11. Перт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. – М.: Мир, 1978. – 384 с.
12. Введение в прикладную энзимологию. / Под ред. И. В. Березина, К. Мартинек. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 401 с.
13. Бейли Дж., Оллис Д. Основы биохимической инженерии. – М.: Мир, 1989. – 380 с.
14. Кулис Ю. Ю. Аналитические системы на основе иммобилизованных ферментов. – Вильнюс: Мокслал, 1981. – 258 с.
15. Клесов А. А. Инженерная энзимология на промышленном уровне. Сер. Биотехнология. // Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1989. – 25с.
16. Ферментные электроды. Сер. Биотехнология. // Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1988. – 34 с.
17. Вольф М., Рансбергер К. Лечение ферментами. М.: Мир, 1976. – 300 с.
18. Глеба Ю.Ю., Сытник К.М. Клеточная инженерия растений. – Киев: Наукова думка, 1984. – 160 с.
19. Бодей С. П., Броделиус П., Кабрал И. М. А. и др. Иммобилизованные клетки и ферменты. Методы. – М.: Мир, 1988. – 140 с.
20. Березин И. В., Клячко Н. Л., Левашов А. В. и др. Иммобилизованные ферменты. – М.: Высш. шк., 1987. – 200 с.
21. Синицин А. П., Райнина Е. И., Лозинский В. И., Спасов С. Д. Иммобилизованные клетки микроорганизмов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. – 215 с.
22. Применение иммобилизованных ферментов. // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. М.: ВИНТИ, 1986. – 28 с.
23. Введение в генетику, биоинформатика, ДНК-технология, геновая терапия, ДНК-экология, протеомика, метаболика: Навч. посіб. / В.И. Глазко, Г.В. Глазко; Ин-т агроэкологии и биотехнологии УААН. – 2-е изд., испр. и доп. – К.: КВІЦ, 2003. – 640 с.
24. Сельскохозяйственная биотехнология: векторные системы молекулярного клонирования / Г.И. Эйснер (пер. с англ.); Под ред. В.И. Негрука. – М.: Агропромиздат, 1991. – 534 с.
25. Введение в ДНК-технологии и биоинформатику = Introduction in DNA-technology and bioinformatics/ V.I. Glazko; G.V. Glazko: Учеб. пособие для студ. вузов биол. и с.-х. профиля / В.И. Глазко, Г.В. Глазко; Ин-т агроэкологии и биотехнологии УААН. – К.: Нора-друк, 2001. – 543 с.
26. Глазко В.И. Генетически модифицированные организмы: от бактерий до человека. – Киев: КВІЦ, 2002. – 210 с.
27. Дж. Дрейпер, Р. Скотт, Ф. Армитидж, Р. Уолден. Генная инженерия растений. М., Мир, 1991. – 270 с.

Допоміжна

1. Альберте Б. и др. Молекулярная биология клетки. – М.: Мир, 1994. – 540 с.
2. Тривен М. Иммобилизованные ферменты. – М.: Мир, 1983. – 230 с.
3. Иммобилизованные клетки в биотехнологии. – Пущино, 1987. – 250 с.
4. Скрябин Г. К., Кощеенко К. А. Иммобилизованные клетки микроорганизмов. // Биотехнология. – М.: Наука, 1984. – 420 с.
5. Колесов А. А. Инженерная энзимология на промышленном уровне. // Итоги науки и техники. Сер. Биотехнология. М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 18. – 25 с.
6. Иммобилизованные клетки микроорганизмов (теория и практика). –Пущино, 1978. – 240 с.
7. Набокина Светлана Михайловна. Введение в генетическую инженерию: Учеб.

пособие. – Саранск : Издательство Мордовского ун-та, 2001. – 75 с.

8. Николайчук В. И., Горбатенко И. Ю. Генетична інженерія: [Підручник]. – Ужгород, 1999. – 188с.

9. УотсонД. Молекулярная биология гена. – М., Мир, 1978. – 385 с.

10. Руденко Світлана Степанівна. Генетична інженерія: Навч. посібник для вищ. і серед. навч. закладів / Чернівецький держ. ун-т ім. Юрія Федьковича. – Чернівці: Рута, 1997. – 182 с.

11. Уотсон Дж. Рекомбинантные ДНК: Краткий курс: Пер. с англ. / Дж. Уотсон, Дж. Туз, Д. Курц. – М.: Мир, 1986. – 288 с.

12. Рекомбинантные молекулы: значение для науки и практики : Пер. с англ. / Под ред. Р. Бирса и Э. Бэсита. – М.: Мир, 1980. – 624 с.

13. Щелкунов Сергей Николаевич. Клонирование генов / АН СССР, Сиб. отд-ние, Новосибир. Ин-т биоорганической химии; Отв. ред. В.В. Власов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1986. – 230 с.

14. Методы молекулярной генетики и генной инженерии / АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т цитологии и генетики; Отв. ред. Р.И. Салганик. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. – 248 с.

15. Новое в клонировании ДНК. Методы: Пер. с англ. / Под ред. Д.Гловера. – М.: Мир, 1989. – 368 с.

16. Глазко Валерий Иванович. Словарь терминов по прикладной генетике и ДНК технологиям / Ин-т агроэкологии и биотехнологии УААН. – К., 1999. – 342 с.

13. Інформаційні ресурси

1. <http://molbiol.ru/>

2. <http://www.nanometer.ru/>

3. www.biotechnolog.ru