

**Тернопільська обласна рада
Управління освіти і науки Тернопільської облдержадміністрації
Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса
Шевченка**

• **Кафедра біології, екології та методик їх викладання**

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з навчальної роботи

М.Б. Боднар

«03» вересня 2019 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ГЕННА ІНЖЕНЕРІЯ

рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

галузь знань **01 Освіта/Педагогіка**

спеціальність **014 Середня освіта (Біологія)**

освітньо-професійна програма **Середня освіта (Біологія)**

Робоча програма з біотехнології та генної інженерії для студентів, які навчаються за спеціальністю 014 Середня освіта (Біологія). Кременець, 2019. 16 с.

Розробники: Василюк В. М., професор, доктор медичних наук, професор кафедри біології, екології та методик їх викладання
Гурська Оксана Вікторівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри біології, екології та методик їх викладання

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри біології, екології та методик їх викладання

Протокол від 30 серпня 2019 року № 1

Завідувач кафедри біології, екології та методик їх викладання



М. М. Ільєнко

1. Вступ

Дисципліна «Біотехнологія та генна інженерія» ознайомлює студентів з сучасними досягненнями молекулярної біотехнології, формує уявлення про застосування мікробіологічних систем в молекулярній діагностиці, мікробіологічне виробництво сировини для харчової, текстильної, фармакологічної, ветеринарної й аграрної промисловості, біотехнологічних методів утилізації відходів тощо. Курс включає розділи, присвячені вивченню основних маніпуляцій з молекулами нуклеїнових кислот *in vitro*; ферментів, що використовуються у генно-інженерних роботах; методів створення векторних молекул, конструювання і селекції рекомбінантних молекул ДНК. Значна увага приділяється проблемам експресії клонованих генів у складі гібридних молекул ДНК, особливостям проведення генно-інженерних робіт у бактерій, вірусів, еукаріотів.

У курсі розглядаються особливості біотехнологічних процесів отримання первинних та вторинних метаболітів, методи роботи з культурами клітин, мікроклонального розмноження та оздоровлення рослин, приклади створення та практичного використання трансгенних рослин, стійких до біотичних та абіотичних факторів довкілля. Наводяться методи ідентифікації генетично модифікованих рослин з метою оцінки їхньої якості, проблеми екологічної безпеки.

Актуальність. Незважаючи на постійні суперечки навколо генетично модифікованих організмів, кількість країн, які їх вирощують, постійно зростає. Людство з надією очікує створення таких організмів, за допомогою яких можна буде виготовляти цінні лікарські препарати, боротися із спадковими, раковими та іншими захворюваннями, сприяти очищенню і поліпшенню стану навколишнього середовища, запобігти продовольчій кризі майбутнього. Чи безпечні генетично модифіковані організми та їх продукти для людей? Якими шляхами досягають необхідних модифікацій живих організмів? Чому саме рослини, тварини та мікроорганізми є такими важливими об'єктами біотехнології? Відповіді на запитання, які стосуються кожного, студенти зможуть отримати, прослухавши курс «Біотехнологія та генна інженерія».

Ключові слова: біотехнологія, генна інженерія, методи отримання первинних та вторинних метаболітів, методи біотрансформації відходів, ГМО, клонування, вектори перенесення генів.

2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 01 Освіта	Нормативна	
Змістових модулів – 6	Спеціальність 014 Середня освіта (Біологія)	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: презентація	Освітньо-професійна програма Середня освіта (Біологія)	4-й	4й
Загальна кількість годин – 120		Семестр	
		VIII-й	VIII-й
		Лекції	
		24 год.	8 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 6	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		24 год.	8 год.
		Самостійна робота	
		72 год.	104 год.
		Вид контролю: залік	

Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 40 % : 60 %;

для заочної форми навчання – 13,3 % : 86,7 %.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу – сформувати у студентів цілісне уявлення про сучасну біотехнологію та генну інженерію, висвітлити основні проблеми біотехнології, генетичної та клітинної інженерії на сучасному етапі розвитку науки та їх роль в екологізації сучасної промисловості. Дати основи знань з молекулярної біотехнології, сформувати уявлення про застосування мікробіологічних систем в молекулярній діагностиці, мікробіологічне виробництво сировини для харчової, текстильної, фармакологічної, ветеринарної й аграрної промисловості, біотехнологічних методів утилізації відходів тощо.

Завдання курсу – показати основні досягнення і перспективи розвитку біотехнології та генної інженерії, ознайомити з сучасними методами біотехнології та генної інженерії, напрямками їх застосування в екології, промисловості та медицині. Формувати наукову базу, яка дозволяє студентам орієнтуватися в широкому колі питань біотехнології та генної інженерії. Розглянути екологічні аспекти використання генетично модифікованих організмів (ГМО) та біологічної зброї.

Компетентності:

інтегральна компетентність: здатність розв'язувати складні спеціалізовані практичні завдання в галузі освіти, які передбачають застосування закономірностей, законів, теорій і методів педагогічних та біологічних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

загальні компетентності:

здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

фахові компетентності спеціальності:

здатність оперувати біологічними поняттями, законами, концепціями і теоріями для пояснення особливостей функціонування живих систем різної ієрархії;

здатність до використання відповідних методів, прийомів і засобів для здійснення науково-дослідницької роботи та інтерпретації її результатів;

здатність аналізувати результати взаємодії біологічних систем різних рівнів організації, їх ролі у біосфері та можливості використання у різних галузях господарства, біотехнології та охороні навколишнього середовища;

здатність дотримуватися принципу науковості під час трансляції біологічних знань у площину шкільного курсу біології.

Результати навчання

Застосовувати знання сучасних теоретичних основ біології, хімії та екології для пояснення будови і функціональних особливостей організмів на різних рівнях організації живого, їх взаємодії, взаємозв'язків, походження, класифікації, значення, використання та поширення.

Обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень.

Характеризувати природні системи різного рівня організації з використанням сучасних методів біології, хімії, екології, пояснювати їх роль для забезпечення сталого розвитку природи, використовувати знання для їх охорони, відтворення та збалансованого розвитку.

Знати та розуміти основні концепції, теорії та загальну структуру біологічної науки, володіти біологічною термінологією та номенклатурою.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи біотехнологічних процесів

Тема 1. Біотехнологія як наука та галузь промисловості.

Сучасні уявлення про біотехнологію. Роль біотехнології у вирішенні продовольчої та енергетичної проблем, проблем медицини, екології та охорони довкілля. Використання трансформованих організмів в неконтрольованих умовах зовнішнього середовища. Отримання за допомогою трансформованих організмів принципово нових речовин, що не мають природних аналогів – майбутні етапи розвитку біотехнології. Проблеми сучасної біотехнології. Об'єкти біотехнології, основні вимоги щодо їх використання. Методологія біотехнологічного процесу. Кінцеві стадії виробництва біотехнологічного продукту.

Тема 2. Біотехнологічні методи утилізації відходів промисловості та комунального сфери.

Негативний вплив відходів агропромислового виробництва на стан довкілля. Методи утилізації відходів аграрного сектора. Очищення стічних вод. Біологічні фільтри. Біологічні ставки. Шляхи переробки побутового сміття. Біотехнологія одержання біогазу. Біотехнологія утилізації органічних відходів методом вермікультивування. Біогумус, його склад і використання.

Тема 3. Біотехнологічне виробництво первинних та вторинних метаболітів.

Класифікація продуктів мікробіологічного синтезу. Препарати на основі біомаси мікроорганізмів: пробіотики, бактеріальні добрива, біопрепарати для захисту рослин, хлібопекарські дріжджі, білкові продукти. Біопрепарати на основі живих та інактивованих вакцин. Препарати на основі продуктів метаболізму мікроорганізмів: первинні метаболіти – амінокислоти, органічні кислоти, вітаміни; вторинні метаболіти – антибіотики, екзополісахариди, поверхнево-активні речовини тощо; продукти бродіння – спирти, органічні кислоти, кетони; ферменти. Отримання біомаси мікроорганізмів як джерело білка. Процес і принципи контролю вирощування мікроорганізмів.

Біотехнологія отримання амінокислот: одержання лізину, глютамінової кислоти, проліну, лейцину, триптофану. Хімізм, ензимологія та регуляція біосинтезу глютамінової кислоти, лізину, треоніну, триптофану. Технологічні схеми отримання амінокислот шляхом мікробіологічного синтезу. Отримання амінокислот за допомогою іммобілізованих клітин та ферментів.

Біотехнологічне виробництво органічних кислот: лимонної, оцтової, глюконової. Застосування лимонної кислоти, продуценти. Вибір активних продуцентів. Біосинтез та його регуляція. Умови ферментації *Aspergillus niger*.

Біосинтез вітамінів та регуляція цих процесів. Способи отримання рибофлавіну, ціанокобаламіну, каротиноїдів, ергостерину.

Мікробіологічний синтез полісахаридів та ліпідів. Полісахариди цитоплазми та мембранних структур. Полісахариди клітинних стінок. Екзополісахариди.

Склад та вміст ліпідів у мікроорганізмів. Властивості основних типів полісахаридів і ліпідів мікробного походження, та їх практичне використання. Продуценти полісахаридів та ліпідів. Шляхи їх біосинтезу. Технологічні схеми отримання мікробних полісахаридів та ліпідів. Промислове виробництво ксантану.

Мікроорганізми – продуценти антибіотиків. Шляхи біосинтезу та генетичний контроль утворення цих сполук. Пошуки нових антибіотиків. Утворення антибіотиків в промислових умовах. Антибіотики, утворені бактеріями, актиноміцетами, міцеліальними грибами. Шляхи підвищення біосинтез антибіотиків мікроорганізмами.

Використання процесів бродіння та інших процесів метаболізму мікроорганізмів. Біотехнологія харчових продуктів та продуктів бродіння. Спиртове бродіння. Використання дріжджів у промисловості: отримання етилового спирту, виробництво хлібопродуктів. Біотехнології отримання вина, пива та міцних спиртових напоїв. Молочнокисле бродіння. Гомо- та гетеро ферментативне бродіння. Використання молочнокислих бактерій у процесах силосування кормів, квашення овочів, сироварінні, приготуванні профілактичних і лікувальних препаратів. Отримання біомаси мікроорганізмів як джерело білка.

Бактеріальні добрива і засоби захисту рослин. Бактеріальні, вірусні препарати та біопрепарати на основі грибів для захисту рослин. Характеристика мікроорганізмів, які є основою біопрепаратів. Ентомопатогенні бактеріальні препарати: характеристика *Bacillus thuringiensis* (Bt), метаболіти, механізм дії кристалічного δ -ендотоксину. Біопрепарати на основі біологічно-активних речовин мікроорганізмів-антагоністів. Характеристика основних біопрепаратів для захисту рослин, що використовуються в Україні.

Типи бактеріальних добрив та мікроорганізми, що використовуються для їх отримання. Азотфіксуючі бактеріальні препарати, властивості бульбочкових бактерій. Технологічні схеми отримання нітрагіну, азотобактерину, гаупсину та триходерміну. Інокуляція та зберігання препаратів. Контроль виробництва. Шляхи підвищення ефективності інокуляції. Перспективи використання.

Змістовий модуль 2. Генна та клітинна інженерія

Тема 4. Методи генної та клітинної інженерії.

Поняття біоінженерії, генної, генетичної та клітинної інженерії. Виникнення генетичної інженерії (1972) та її завдання. Місце генетичної інженерії в сучасній біології. Сучасний стан розвитку генно-інженерних досліджень. Генетична інженерія і біотехнологія. Методи генетичної інженерії. Особливості ДНК та її ферментів. Ферменти – основні знаряддя генетичної інженерії. Основні досягнення молекулярної генетики, що зумовили народження та успішний розвиток генетичної інженерії. Загальні принципи та стратегія, що лежать в основі розвитку методів генетичної інженерії. Будова та властивість молекули ДНК. Загальне уявлення про ферменти рестрикції та модифікації. ДНК-лігаза. ДНК-полімераза I. Зворотня транскриптаза.

Вектори для перенесення генів у живі системи. Плазмиди як основні вектори, що використовуються в генетичній інженерії. Помірні фаги та косміди як вектори для перенесення виділених та синтезованих генів.

Технологія рекомбінантних ДНК. Хімічний синтез фрагментів ДНК та їх застосування. Особливості створення систем експресії генів для прокариот. Основні принципи створення і використання плазмідних векторів для еукаріот. Отримання лікарських препаратів з використанням технологій рекомбінантних ДНК.

Статева гібридизація та бар'єри на шляху віддаленої гібридизації. Культури ізольованих тканин і клітин. Тотипотентність. Соматична гібридизація, її значення для науки і практики. Індуктори злиття соматичних клітин. Гібридами та вироблення ними моноклональних антитіл. Поняття клону. Клонування рослин, його переваги та недоліки. Клонування тварин. Проблеми і морально-етичні аспекти можливого клонування людини.

Коротка історія розвитку методів клітинної інженерії. Створення клітинних культур рослин та клітинних культур тварин. Злиття клітин в умовах *in vitro*. Гібридами. Джерела отримання експлантів. Умови культивування органів, тканин, клітин та протопластів на штучних живильних середовищах. Специфіка калюсних тканин. Суспензійні культури, їх отримання та культивування. Використання кулюсу та суспензійних культур для отримання вторинних метаболітів.

Протопласти рослин, їх отримання та культивування. Гібридизація соматичних клітин рослин: симетрична та асиметрична. Практичне застосування методу соматичної гібридизації, приклади.

Методи клонування тварин. Морфогенез в культурі *in vitro*. Фактори, що визначають ефективність морфогенезу рослин. Органогенез. Соматичний ембріогенез. Мікроклональне розмноження рослин. Ауксини. Гібереліни. Цитокініни. Абсцизова кислота. Етилен. Молекулярний механізм дії фітогормонів. Природні та синтетичні регулятори росту і розвиток рослин в умовах *invitro*.

Тема 5. Досягнення, перспективи і проблеми генної інженерії.

Стовбурові клітини і медицина. Генетично модифіковані організми (ГМО) і генетично модифіковані харчові продукти (ГМХП). Ставлення до них у США, Канаді, Аргентині, ЄС, Польщі та Україні. Проблема потенційної небезпеки ГМО для людини й екосистем. Досягнення генетичної інженерії мікроорганізмів, рослин і тварин. Трансгенні рослини для сільського господарства. Трансгенні рослини для медицини та промисловості. Рослини як біореактори. Трансгенні рослини та екологія. Трансгенні миші: застосування. Трансгенні велика рогата худоба, вівці, свині. Трансгенні птиця, риба. Клонування тварин.

Перспективи генетичної інженерії та її значення у вирішенні проблеми харчових ресурсів. ГМО в Україні. Контроль використання методів біоінженерії. Трансгенні організми і біобезпека. Генна терапія людини. Недосконалість українського законодавства. Генетична інженерія й біологічна зброя.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усьо го	у тому числі					усьо го	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Основи біотехнологічних процесів												
Тема 1. Біотехнологія як наука та галузь промисловості	6	2				4	4				4	
Тема 2. Біотехнологічні методи утилізації відходів промисловості та комунальної сфери	12	2		2		8	20	2		2	16	
Тема 3. Біотехнологічне виробництво первинних та вторинних метаболітів	42	10		12		20	34	2		2	30	
Разом за змістовим модулем 1	60	14		14		32	28	4		4	50	
Змістовий модуль 2. Генна та клітинна інженерія												
Тема 4. Методи генної інженерії	28	6		6		16	28	2		2	24	
Тема 5. Досягнення, перспективи і проблеми генної інженерії	22	4		4		14	24	2		2	20	
Разом за змістовим модулем 2	50	10		10		30	52	4		4	44	
Усього годин	110	24		24		62	110	8		8	94	
Модуль 2												
ІНДЗ	10				10		10				10	
Усього годин	120	24		24	10	62	120	8		8	94	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальні правила роботи у біотехнологічній лабораторії	2
2	Методики культивування різноманітних об'єктів біотехнології: вірусів, фагів, бактерій, найпростіших, водоростей, грибів, вищих рослин	2
3	Приготування основних видів живильних середовищ, що використовуються у біотехнологічних процесах	2
4	Системи лабораторних та промислових біореакторів, їх призначення	2
5	Методи виділення кінцевого біотехнологічного продукту	2
6	Мікробіотехнологічні технології у виробництві	2
7	Методи комбінованого використання промислових відходів для отримання біотехнологічних продуктів	2
8	Методика стерилізації насіння для отримання стерильних проростків	2
9	Принципи та методи вирощування ізолюваних клітин і тканин рослин	2
10	Одержання регенерованих форм рослин. Мікроклональне розмноження рослин	2
11	Методи клітинної інженерії рослин. Отримання соматичних гібридів	2
12	Використання біохімічного аналізу в клітинній інженерії рослин	2
Всього		24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Біотехнологія в сучасному світі: користь і ризик	2
2	Проблеми сучасної біотехнології	4
3	Методологія біотехнологічного процесу	2
4	Негативний вплив відходів агропромислового виробництва на стан довкілля	4
5	Роль біотехнології в захисті навколишнього середовища	4
6	Отримання біомаси мікроорганізмів як джерело білка	2
7	Отримання амінокислот за допомогою іммобілізованих клітин та ферментів	4
8	Технологічні схеми отримання мікробних полісахаридів та ліпідів	2
9	Шляхи підвищення біосинтезу антибіотиків мікроорганізмами	2

10	Характеристика основних біопрепаратів для захисту рослин, що використовуються в Україні	4
11	Технологічні схеми отримання нітрагіну, азотобактерину, гаупсину та триходерміну	4
12	Будова та властивість молекули ДНК	2
13	Отримання лікарських препаратів з використанням технологій рекомбінантних ДНК	4
14	Статева гібридизація та бар'єри на шляху віддаленої гібридизації	2
15	Модифікація ембріональних стовбурових клітин як метод створення трансгенних тварин	4
16	Особливості застосування генної терапії	2
17	Генна інженерія та традиційні методи селекції рослин	4
18	Проблеми і морально-етичні аспекти можливого клонування людини	4
19	Природні та синтетичні регулятори росту і розвиток рослин в умовах <i>in vitro</i>	2
20	Трансгенні організми і біобезпека. Генетична інженерія й біологічна зброя	2
	Разом	62

9. Індивідуальні завдання

1. Сучасний розвиток біотехнологічних виробництв в Україні.
2. Сучасні тенденції розвитку біотехнологічних досліджень та промислової біотехнології у світі.
3. Використання мутагенезу в селекції промислових штамів мікроорганізмів.
4. Біотехнологічне отримання органічних кислот.
5. Хімізм, ензимологія та технологічні схеми промислового виробництва глютамінової кислоти, лізину, треоніну, триптофану.
6. Біотехнологічне отримання коферментів та вітамінів.
7. Практичне застосування, виділення та властивості α -амілаз мікроорганізмів.
8. Біотехнологічні основи виробництва антибіотиків.
9. Полісахариди і ліпіди мікробного походження, властивості, мікробіологічний синтез та практичне використання.
10. Біотехнологічні аспекти отримання мікробного білка.
11. Використання генетично модифікованих штамів мікроорганізмів у виробництві пробіотиків.
12. Біотехнологія отримання рекомбінантних білків.

13. Використання іммобілізованих ферментів та клітин в біотехнологічних виробництвах.

14. Селекція мікроорганізмів, що використовують для біотехнологічної переробки відходів та ксенобіотиків.

15. Біотехнологічна очистка стічних вод підприємств біотехнологічної промисловості.

16. Селекція мікроорганізмів, що використовують для біодеградації хлорпохідних вуглеводнів, ароматичних сполук, нафтових забруднень, поверхнево активних речовин.

17. Біотехнологічне отримання бактеріальних добрив на основі азотфіксуючих мікроорганізмів в Україні.

18. Біотехнологічне отримання бактеріальних добрив на основі фосфор мобілізуючих бактерій в Україні.

19. Використання генно-модифікованих та традиційних штамів мікроорганізмів для отримання первинних метаболітів.

20. Біотехнологічне отримання мікробіологічних препаратів на основі бактерій для захисту рослин.

21. Біотехнологічне отримання мікробіологічних препаратів на основі міцеліальних грибів для захисту рослин.

22. Конструювання промислових мікроорганізмів за допомогою методів клітинної та генної інженерії. Злиття протопластів.

23. Використанням мікроорганізмів, сконструйованих генно-інженерними методами, в сучасних технологічних процесах.

24. Використання генно-модифікованих та традиційних штамів мікроорганізмів для отримання вторинних метаболітів.

25. Сучасні розробки промислової біотехнології у біодеградації ксенобіотиків.

10. Методи навчання

Під час вивчення біотехнології та генної інженерії використовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні: лекція, розповідь з елементами бесіди, пояснення.

Наочні: презентація.

Практичні: проведення дослідів, передбачених тематикою практичних робіт, розв'язування задач, робота з підручниками, науковою літературою.

11. Методи контролю

Початковий контроль знань студентів проводиться під час проведення лекційних та практичних занять і включає перевірку знань теоретичного й практичного матеріалу, що студенти засвоїли під час вивчення природничих дисциплін на попередніх курсах (ботаніка, зоологія, хімія, екологія) у вигляді самостійної роботи або методом фронтального опитування.

Поточний контроль знань студентів проводиться викладачем на кожному практичному занятті шляхом усного або письмового опитування з питань теорії або практики.

Модуль 2 оцінюється за результатами виконання та захисту студентами індивідуально-дослідних навчальних завдань.

Підсумковий контроль знань студентів з біотехнології та генної інженерії завершується заліком з дисципліни у VI-му семестрі.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Підсумковий тест (залік)	Сума
Модуль 1.		Модуль 2. ІНДЗ	
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	12	40
T1 - 4	T1 - 4		
T2 - 4	T1 - 4		
T3 - 4	T3 - 4		
T4 - 4	T4 - 4		
T5 - 4	T5 - 4		
T6 - 4			
T7 - 4			100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Навчальна програма з біотехнології та генної інженерії.
2. Електронні конспекти лекцій.
3. Протоколи проведення лабораторних занять.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ:

Основна література

1. Герасименко В. Г., Герасименко М. О., Цвіліховський М. І. та ін. Біотехнологія. К. : Вища школа, 2006. 647 с.
2. Запольський А. К., Українець А. І. Екологізація харчових виробництв: підручник. К. : Вища шк., 2005. 423 с.
3. Швед О. В., Миколів О. Б., Комаровська-Порохнявець О. З., Новіков В. П. Екологічна біотехнологія : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2010. 424 с.
4. Юлевич О. І., Ковтун С. І., Гиль М. І. Біотехнологія : навч. посібник: за ред. М. І. Гиля. Миколаїв : МДАУ, 2012. 476 с.

Додаткова література

1. Антипчук А. Ф., Кіреєва І. Ю. Водна мікробіологія : навч. Посібник. К. : Кондор, 2005. 256 с.
2. Божков А. И. Биотехнология. Фундаментальные и промышленные аспекты. Харьков : Федорко, 2008. 364 с.
3. Волова Т. Г. Биотехнология. Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 1999. 252 с.
4. Глик Б. Молекулярная биотехнология : принципы и применение. М. : Мир, 2002. 585 с.
5. Егорова Т. А. Основы биотехнологии : учеб.пособие для вузов. М. : Академия, 2003. 208 с.
6. Кузнецов А. Е., Градова Н. Б. Научные основы экобиотехнологии : учебное пособие для студентов. М. : Мир, 2006. 504 с.
7. Хенце М., Амроэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. М. : Мир, 2006. 480 с.
8. Яворська Г. В., Гудзь С. П., Гнатуш С. О. Промислова мікробіологія. Львів : вид. центр Львів. нац. ун-ту ім. І Франка, 2008. 256 с.

15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.frg.org.ua/>
2. <http://microbiolj.org.ua/ua/>
3. <https://www.plantintroduction.org/index.php/pi>
4. <http://prima.lnu.edu.ua/faculty/biologh/wis/wis.htm>
5. <http://agrovisnyk.com/>
6. <http://journal.chem-bio.com.ua/>
7. <http://univ.kiev.ua/ua/science/journals/bulletin-knu-biology>
8. <https://periodicals.karazin.ua/biology>
9. <http://www.dnu.dp.ua/visnik/fbem/7>