



## ЗАГАЛЬНА БІОТЕХНОЛОГІЯ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	16 – Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 – Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	255 год/8,5 кредитів ЄКТС: 72 год лекцій, 54 год лабораторних, 129 год СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/ МКР, РГР
Розклад занять	<a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a> , <a href="http://epi.kpi.ua/">http://epi.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції та контрольні заходи проводить: д.т.н., професор кафедри промислової біотехнології та біофармації Тодосійчук Тетяна Сергіївна, email: <a href="mailto:tts.pbt@gmail.com">tts.pbt@gmail.com</a> Лабораторні роботи проводять: к.б.н., доцент кафедри промислової біотехнології та біофармації Яловенко Олена Ігорівна, к.б.н., доцент кафедри промислової біотехнології та біофармації Дзигун Лариса Петрівна, к.т.н., асистент кафедри промислової біотехнології та біофармації Громнадська Марина Олександрівна
Розміщення курсу	Основні матеріали курсу розміщуються у класрумі та електронному кампусі, формат проведення лекції та лабораторних занять (очний/дистанційний) повідомляється здобувачам до початку семестру відповідно до режиму навчання в університеті <a href="http://prombiotech.kpi.ua/student/navchal-material">http://prombiotech.kpi.ua/student/navchal-material</a> <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/index.php?categoryid=24">https://do.ipk.kpi.ua/course/index.php?categoryid=24</a> ; ECampus, Класрум

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна “Загальна біотехнологія” призначена для студентів, які навчаються за спеціальністю 162 - Біотехнології та біоінженерія. Предметом навчальної дисципліни є біологічні агенти, процеси, принципи та умови, що дозволяють розробити та реалізувати виробництво практично цінних речовин на основі біосинтезу із застосуванням наукових та інженерних методів, опанування основ кінетики фізіологічних перетворень, вивчення методів моделювання розвитку клітинних популяцій.

Дисципліна забезпечує освоєння базових знань та умінь для розв’язання спеціалізованих задач в процесах розробки та реалізації біотехнологій мікробного синтезу та з використанням клітин рослин та тварин. В рамках дисципліни розглядаються основи біотехнології традиційних продуктів мікробного синтезу.

**Метою** дисципліни є формування у студентів таких компетентностей:

**Загальні компетентності**

**ЗК 01** - здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

**ЗК 05** - здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

**Фахові компетентності**

**ФК 03** - здатність здійснювати аналіз нормативної документації, що необхідна для забезпечення інженерної діяльності в галузі біотехнології;

**ФК 04** - здатність працювати з біологічними агентами, використовуваними у біотехнологічних процесах (мікроорганізми, гриби, рослини, тварини; віруси; окремі їхні компоненти);

**ФК 05** - здатність здійснювати експериментальні дослідження з вдосконалення біологічних агентів, у тому числі викликати зміни у структурі спадкового апарату та функціональній активності біологічних агентів;

**ФК 06** - здатність проводити аналіз сировини, матеріалів, напівпродуктів та цільових продуктів біосинтезу;

**ФК 09** - здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації контролю виробництва біотехнологічних продуктів різного призначення;

**ФК 10** - здатність складати технологічні схеми виробництва біотехнологічних продуктів різного призначення;

**ФК 13** - здатність оцінювати ефективність біотехнологічного процесу.

**ФК 17** - здатність аналізувати та проектувати виробництва біотехнологічної продукції різного профілю;

**ФК 18** - здатність використовувати знання про шляхи біосинтезу практично цінних метаболітів для вдосконалення біотехнологій їх одержання

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти набудуть таких програмних результатів навчання:

**ПРН 03** - вміти розраховувати склад поживних середовищ, визначати особливості їх приготування та стерилізації, здійснювати контроль якості сировини та готової продукції на основі знань про фізико-хімічні властивості органічних та неорганічних речовин;

**ПРН 04** - вміти застосовувати положення нормативних документів, що регламентують порядок проведення сертифікації продукції, атестації виробництва, вимоги до організації систем управління якістю на біотехнологічних підприємствах, правила оформлення технічної документації та ведення технологічного процесу;

**ПРН 05** - вміти аналізувати нормативні документи (державні та галузеві стандарти, технічні умови, настанови тощо), складати окремі розділи технологічної та аналітичної документації на біотехнологічні продукти різного призначення; аналізувати технологічні ситуації, обирати раціональні технологічні рішення;

**ПРН 07** - вміти застосовувати знання складу та структури клітин різних біологічних агентів для визначення оптимальних умов культивування та потенціалу використання досліджуваних клітин у біотехнології

**ПРН 08** - вміти виділяти з природних субстратів та ідентифікувати мікроорганізми різних систематичних груп. Визначати морфолого-культуральні та фізіолого-біохімічні властивості різних біологічних агентів.

**ПРН 09** - вміти складати базові поживні середовища для вирощування різних біологічних агентів. Оцінювати особливості росту біологічних агентів на середовищах різного складу.

**ПРН 14** - вміти обґрунтувати вибір біологічного агента, складу поживного середовища і способу культивування, необхідних допоміжних робіт та основних стадій технологічного процесу;

**ПРН 17** - вміти складати матеріальний баланс на один цикл виробничого процесу, специфікацію обладнання та карту постадійного контролю з наведенням контрольних точок біотехнологічного виробництва;

**ПРН 20** - вміти розраховувати основні критерії оцінки ефективності біотехнологічного процесу (параметри росту біологічних агентів, швидкість синтезу цільового продукту, синтезувальна здатність біологічних агентів, економічний коефіцієнт, вихід цільового продукту від субстрату, продуктивність, вартість поживного середовища тощо).

**ПРН 25** - вміти аналізувати та проектувати спеціальні біотехнологічні виробництва із виготовлення продукції різного функціонального та галузевого призначення;

**ПРН 26** - вміти використовувати знання про шляхи біосинтезу практично цінних метаболітів для вдосконалення біотехнологій їх одержання.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна базується на знаннях та навичках, здобутих студентами при вивченні загальних хімічних та біологічних дисциплін: "Біологія клітини", "Біохімія", "Загальна мікробіологія і вірусологія", «Неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Біохімія».

Знання, здобуті студентами при вивченні даної дисципліни, можуть бути використані у майбутньому при вивченні таких дисциплін циклу підготовки бакалаврів, як «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв», «Устаткування виробництв галузі», «Основи проектування біотехнологічних та фармацевтичних виробництв», «Технологія продуктів мікробного синтезу», а також в процесі дипломного проектування.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Загальна характеристика біотехнології: предмет та об'єкти.

Тема 1.1 Предмет та значення біотехнологічної галузі.

Виникнення та основні етапи розвитку біотехнології. Особливості та відмінності біотехнологій у порівнянні з іншими технологічними процесами (технологіями). Базова термінологія. Принципи класифікації та приклади класифікацій біотехнологічних виробництв.

Мікробіологічна промисловість, як базова складова частина сучасної біотехнології. Сфери використання біосинтетичного потенціалу мікроорганізмів. Галузі застосування продукції біотехнологічних виробництв.

Принципи створення біотехнології. Сучасні та новітні напрямки розвитку біотехнології та біотехнологічної промисловості. Основні наукові центри та промислові підприємства галузі.

Тема 1.2 Біологічні агенти в біотехнології.

Клітини мікроорганізмів, рослин та тканин, як промислові продуценти біологічно активних речовин. Специфіка калусних тканин. Вибір експлантатів, підготовка і умови культивування ізолюваних клітин, тканин та органел. Фактори, що впливають на синтез та накопичення метаболітів в культурі ізолюваних клітин і тканин.

Застосування основних закономірностей регуляції метаболізму у мікроорганізмів для підвищення їх продуктивності.

Залежність метаболічної активності мікроорганізмів від впливу факторів оточуючого середовища: температури, аерації, рН, складу і концентрації компонентів середовища.

Основні вимоги до промислових та промислово-перспективних продуцентів БАР, критерії відбору. Принципи та основи методів селекції промислових штамів.

Розділ 2. Основи біотехнологічних процесів.

Тема 2.1 Поживні середовища в біотехнології.

Класифікація поживних середовищ, що використовуються у біотехнології. Принципи створення поживних середовищ, вимоги до компонентів.

Підбір складу поживного середовища, розробка технологічних етапів культивування в залежності від механізмів регуляції метаболічних шляхів та фізіологічних особливостей клітин промислового штаму.

Сировинна база біотехнології. Основні джерела головних та міnorних елементів. Ростові фактори. Попередники синтезу цільового продукту.

Особливості поживних середовищ для культивування клітин рослин та тканин.

Тема 2.2 Асептика в біотехнологічній промисловості.

Поняття "асептика", "стерильність", "контамінація". Вплив сторонньої мікрофлори на ефективність процесів біосинтезу. Способи підтримки асептичних умов.

Способи інактивації мікрофлори. Способи стерилізації обладнання, поживних середовищ та повітря. Інактивація мікроорганізмів та руйнування хімічних сполук під дією фізичних та хімічних факторів.

Кінетика стерилізації. Розрахунок ефективності термічної стерилізації рідин. Модель активованих спор Хемфрі, метод Річардса, теорія Дейндорфера і Хемфрі. Вибір оптимальних технологічних параметрів термічної стерилізації.

Розділ 3. Основні процеси біотехнологічних виробництв. Типові технологічні рішення в біотехнології.

### Тема 3.1. Принципова схема біотехнологічного процесу.

Типи стадій біотехнологічних виробництв. Підготовчі (предферментаційні) процеси, культивування біологічних агентів, виділення та стандартизації біологічно активних речовин.

### Тема 3.2 Передферментаційні процеси.

Санітарна підготовка виробництва, технологічні засади проведення. Підготовка, мийка та стерилізація обладнання та комунікацій.

Підготовка поживних середовищ для виробничого біосинтезу: зберігання та дозування компонентів поживного середовища, способи стерилізації поживних середовищ. Контроль якісних показників поживних середовищ.

Посівний матеріал. Одержання посівного матеріалу для поверхневого та глибинного культивування. Музейні культури, робочі партії штамів-продуцентів БАР.

Підготовка повітря для технологічного процесу. Технологічна схема отримання стерильного повітря.

Розрахунок потреб культури продуцента БАР у розчиненому кисні. Способи очищення та стерилізації повітря для біосинтезу та виробничих приміщень. Типові технологічні прийоми стерилізації повітря. Повітряні фільтри. Принципи вибору фільтруючих матеріалів повітряних фільтрів. Оцінка ефективності очистки та стерилізації повітря. Контроль ефективності очистки та стерилізації повітря.

### Тема 3.3 Культивування мікроорганізмів

Поверхневий та глибинний способи культивування. Періодичний та безперервний процеси біосинтезу. Особливості, переваги, недоліки при отриманні БАР.

Технологічна реалізація типових способів періодичного та безперервного культивування.

Ферментери. Принципи вибору типового ферментаційного обладнання.

Особливості технологій з використанням нативних та іммобілізованих клітин мікроорганізмів. Використання іммобілізованих та мікрокапсульованих мікробних клітин для одержання продукції мікробного синтезу. Переваги застосування іммобілізованих клітин та їх структур у технологічних процесах.

Піноутворення та його регулювання в процесах глибинного культивування. Причини піноутворення та його вплив на ефективність біосинтезу. Методи пінорегулювання: хімічні, фізичні, механічні та комбіновані. Характеристика піногасників, що використовуються у промисловості.

### Тема 3.4 Культивування клітин тканин та клітин рослин.

Особливості біотехнологічних процесів на основі культивування рослинних та тваринних клітин. Суспензійні культури, умови їх отримання та вирощування.

Культивування калусних та суспензійних культур з метою одержання продуктів вторинного синтезу (алкалоїдів, глікозидів, ефірної олії, стеринів). Особливості обладнання для лабораторного та промислового культивування ізольованих клітин і тканин.

## Розділ 4. Технологічні процеси біосинтезу, виділення, очищення та сушки продуктів біосинтезу.

### Тема 4.1 Математичні моделі ростових та біосинтетичних процесів.

Періодичне культивування і його графічна інтерпретація. Глибинне культивування в ідеальному біореакторі періодичної дії. Логістична крива, як приклад однопараметричної моделі розвитку популяції. Базові кінетичні показники періодичного культивування. Кінетика утилізації субстрату і утворення метаболітів в періодичному режимі культивування. Питома швидкість росту, економічні коефіцієнти, вихід біомаси, ступінь використання субстрату, продуктивність біосинтезу, фізіологічна цінність субстрату. Математичне моделювання ростових процесів. Модель експоненційного росту. Кінетичні рівняння Моно, Ферхюльста-Пірла-Ріда, Ендрюса та інш.

Кінетика збалансованого росту. Базові кінетичні показники та математичні моделі напівбезперервного та безперервного режимів культивування. Класифікація безперервних систем та методи керування ними, матеріальний баланс по біомасі та субстрату. Саморегуляція безперервних систем. Хемостатні, турбідостатні та інші системи керування безперервними процесами біосинтезу.

### Тема 4.2 Принципи та типові технологічні рішення виділення цільових продуктів біосинтезу.

Обґрунтування та вибір способів виділення в залежності від характеристик продукту та місця його локалізації. Способи концентрування біомаси: відстоювання, флотація, осадження в полі штучно створених гравітаційних сил.

Способи розділення твердої та рідкої фаз культуральної рідини: фільтрування, центрифугування, сепарування. Попередня обробка клітинних суспензій. Екстракція цільового продукту. Мембранні методи: діаліз, електродіаліз. Баромембранні способи: мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотний осмос. Методи осадження білків: органічними розчинниками, солями, вибірковою рН-та Т-денатурацією, в ізоелектричній точці. Розділення та очищення продукту методами адсорбції.

Тема 4.3 Отримання кінцевої форми продуктів біосинтезу.

Стабілізація продукту. Наповнювачі та стабілізатори активності БАР.

Термочутливість та ксерочутливість продуктів біосинтезу. Способи сушки продуктів. Вакуум-висушування, розпилююча та сублімаційна сушка. Вибір способу в залежності від характеристик субстанції, що висушується, та вимог до готового продукту.

Товарні форми продуктів біосинтезу. Фасування, пакування, зберігання.

Контроль у виробництві продуктів біосинтезу. Види контролю, точки контролю, якість продукції.

Розділ 5. Біотехнології на основі мікробного синтезу.

Тема 5.1 Особливості традиційних технологій отримання різних груп біологічно активних речовин.

Загальна характеристика технології білково-вітамінних концентратів (БВК). Основні продуценти, особливості виробництва та виділення продукту.

Особливості технології отримання органічних кислот. Технологічні принципи, види товарних форм.

Мікробіологічний спосіб отримання амінокислот. Особливості продуцентів та технологічних режимів.

Мікробіологічне виробництво ферментних препаратів. Способи культивування продуцентів. Номенклатура, активність цільових продуктів.

Особливості технології отримання антибіотиків мікробним синтезом. Залежність технологічної схеми від призначення цільового продукту.

Тема 5.2 Застосування мікроорганізмів в процесах очистки промислових відходів.

Принципи вибору системи біологічної очистки рідких промислових відходів.

Типові схеми очистки промислових стоків (аеробні і анаеробні способи очистки стоків).

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### ***Базова література***

1. Пирог Т. П. Загальна біотехнологія : підручник / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : НУХТ, 2009. - 335 сторінок : рисунки, таблиці. <https://cutt.ly/t90cEb0>

2. Буценко Л. М. Технології мікробного синтезу лікарських засобів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки "Біотехнологія" / Л.М. Буценко, Ю.М. Пенчук, Т.П. Пирог ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : НУХТ, 2010. - 323 сторінки : рисунки, таблиці. <https://cutt.ly/m90cKwa>

3. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під общ. ред. В.Г. Герасименка. — К.: Фірма «ІНКОС», 2006. — 647 с. <https://cutt.ly/090vD2k>

4. Грегірчак Н. М. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології : конспект лекцій для студ. спец. 8.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Н. М. Грегірчак, М. М. Антонюк, - К.: НУХТ, 2011. - 59 с. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/2306>.

5. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник. М.Д. Мельничук, О.Л.Кляченко, В.В.Бородай, Ю.В. Коломієць. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014: 253.

6. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв : навч. посіб. для студ. базових напрямів підготовки 092902 "Біотехнологія біологічно активних речовин" і 1102 "Фармація" / Ю. І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В. П. Новіков ; Мін-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів : Львівська політехніка, 2004. <https://cutt.ly/E90vKM9>

<https://cutt.ly/Q90vV32>

##### ***Додаткова література***

7. Нормативне забезпечення біотехнологічних виробництв: навчальний посібник. В.В.Бородай, О.Л.Кляченко. К.: Компрінт, 2018: 259.

8. Манушкіна Т. М. Біотехнологія в рослинництві : курс лекцій / Т. М. Манушкіна. – Миколаїв : МНАУ, 2014. – 51 с. <https://cutt.ly/U90v36W>
9. Стасевич, Марина Володимирівна. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості : підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.В. Стасевич, А.О. Милянчич, Л.С. Стрельников, Т.В. Крутських, І.Р. Бучкевич, І.О. Зайцев, І.О. Гузьова, О.П. Стрілець, Є.В. Гладух, В.П. Новіков ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка", Національний фармацевтичний університет. - Львів : Видавництво "Новий світ-2000", 2020. - 409 сторінок : рисунки, таблиці. - (Вища освіта в Україні) <https://cutt.ly/M90v6jj>
10. Галузі сучасної біотехнології. Підручник / Єлізаров М. О.; Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (2021) <https://cutt.ly/790brHH>
11. Карлаш Ю.В. Основи проектування біотехнологічних виробництв: Конспект лекцій для студентів напряму 6.051401 «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання / Уклад.: Ю.В.Карлаш - К: НУХТ, 2013. – 143 с. <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/69.24.pdf>
12. Підгорський, Валентин Степанович. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу : [монографія] / В.С. Підгорський, Г.О. Іутинська, Т.П. Пирог ; НАН України, Ін-т мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного. - Київ : Наукова думка, 2010. - 326 с. : схеми. - (Проект "Наукова книга") <https://cutt.ly/d90bsaT>
13. Біоінженерія: підручник. О.Л. Кляченко, М.Д. Мельничук, Ю.В. Коломієць. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015: 458.
14. Юлевич О. І. Біотехнологія : навчальний посібник / О. І. Юлевич, С. І. Ковтун, М. І. Гиль ; за ред. М. І. Гиль. — Миколаїв : МДАУ, 2012. — 476 с <https://cutt.ly/m90bhhd>
15. Конспект лекцій з дисципліни «Асептика біотехнологічних виробництв» освітньо-професійної програми другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання / Укл.: Головей О.П., Гуляєв В.М. – Кам'янське. ДДТУ, 2017 р., 140 с <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/8/5-8-kl1.pdf>
16. Технічна мікробіологія : підручник для студ. вищих навч. закл. / В.О. Коваленко [та ін.]. - Харків : Світ Книги, 2016. - 678 с. <https://cutt.ly/G90bzVq>
17. Слободян, В. О. Основи біотехнології : навчальний посібник / В.О. Слободян ; Ін-т менеджменту та економіки. - Івано-Франківськ, 2002. - 188 с. : рис. <https://cutt.ly/x90bmUe>
18. Мельничук М. Д. Біотехнологія рослин : Підручник / М.Д. Мельничук, Т.В. Новак, В.А. Кунах. - К. : ПоліграфКонсалтинг, 2003. - 520 с. <https://cutt.ly/L90bEdm>
19. Капрельянц, Леонід Вікторович. Технічна мікробіологія : підручник / Л.В. Капрельянц, Л.М. Пилипенко, А.В. Єгорова, Я.Б. Пауліна [та 5 інших]. - Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. - 430 сторінок : рисунки, таблиці, портрети. <https://cutt.ly/e90bUm2>
20. Загальна біотехнологія. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. С. Тодосійчук, І. Р. Клечак. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,58 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 21 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41559>

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 72 год лекцій та 54 год лабораторних занять, розрахунково-графічну роботу (РГР), а також виконання модульної контрольної роботи, що розділена на 2 контрольні роботи, тривалістю по 45 хв. Лабораторні роботи проводяться з метою набуття досвіду аналізувати основні характеристики мікробних продуцентів, сировини, мікробіологічної чистоти, проводити процес біосинтезу та контроль його основних показників і цільового продукту.

Методи навчання: пояснювально-ілюстрований (мультимедійні лекції з елементами дискусійного спілкування зі здобувачами), репродуктивний, частково-пошуковий (самостійна робота пошукового характеру, робота з літературою). Використовуються наступні методи навчання: • словесні – розповідь, пояснення, бесіда, інструктаж, лекція, дискусія; • наочні – демонстрація відеофільмів, наочного обладнання, ілюстрацій.

### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p><b>Виникнення та основні етапи розвитку біотехнології</b></p> <p>Предмет вивчення курсу. Поняття біотехнології. Етапи розвитку. Особливості та відмінності біотехнологій у порівнянні з іншими технологіями. Базова термінологія. Сфери використання біосинтетичного потенціалу мікроорганізмів. Галузі застосування продукції біотехнологічних виробництв.</p> <p>Література [1, 5, 10]</p>
2	<p><b>Сучасні напрямки розвитку біотехнології та біотехнологічної промисловості</b></p> <p>Сучасні та новітні напрямки розвитку біотехнології та біотехнологічної промисловості. Основні наукові центри та промислові підприємства галузі в Україні. Принципи створення біотехнології. Класифікація біотехнологічних виробництв.</p> <p>Література [1, 5, 16]</p>
3	<p><b>Біологічні агенти в біотехнології</b></p> <p>Клітини мікроорганізмів, рослин та тканин як об'єкти біотехнології. Вплив фізичних, хімічних та біологічних факторів на життєдіяльність та біосинтетичну здатність клітин мікроорганізмів, рослин та тканин.</p> <p>Література [1, 2, 3, 8]</p>
4	<p><b>Принципи та основи селекції промислових продуцентів</b></p> <p>Основні вимоги до промислових та промислово-перспективних продуцентів БАР, критерії відбору. Поняття штаму-продуценту, лінії. Методи зберігання штамів-продуцентів та підтримки цільової активності. Основні прийоми та методи селекції промислових продуцентів.</p> <p>Література [1, 8, 14]</p>
5	<p><b>Принципи створення поживних середовищ, вимоги до компонентів</b></p> <p>Класифікація поживних середовищ, що використовуються у промисловості за призначенням, агрегатним станом та складом. Принципи створення та оптимізації складу поживних середовищ. Особливості поживних середовищ для культивування різних типів клітин – мікробних, рослинних, клітин тканин.</p> <p>Література [1, 3, 15]</p>
6	<p><b>Сировинна база біотехнологічних виробництв</b></p> <p>Основні джерела вуглецю, азоту, фосфору, сірки для поживних середовищ. Макро- та мікроелементи. Ростові фактори. Попередники цільового продукту.</p> <p>Література [3, 14, 20]</p>
7	<p><b>Поняття асептики та способи її підтримки в біотехнології</b></p> <p>Поняття “асептика”, “стерильність”, “контамінація”. Вплив сторонньої мікрофлори на ефективність процесів біосинтезу. Способи інактивації мікрофлори. Способи стерилізації обладнання, поживних середовищ та повітря.</p> <p>Література [1, 6, 15]</p>
8	<p><b>Розрахунок ефективності термічної стерилізації</b></p> <p>Кінетика та основні моделі термічної стерилізації. Модель активованих спор Хемфрі, метод Річардса, теорія Дейндорфера і Хемфрі. Вибір оптимальних технологічних параметрів термічної стерилізації поживних середовищ.</p> <p>Література [3, 15, 20]</p>
9	<p><b>Принципова технологічна схема біотехнологічних виробництв</b></p> <p>Основні етапи біотехнологічного виробництва, типи стадій – підготовчі (передферментаційні) процеси, культивування біологічних агентів, виділення та стандартизації готового продукту. Принципи формування технологічних схем. Нормативна документація щодо розробки технологічних схем біотехнологічних виробництв в Україні.</p> <p>Література [1, 3, 7, 20]</p>
10	<p><b>Підготовка виробництва до технологічного процесу</b></p> <p>Санітарна підготовка виробництва. Підготовка персоналу до роботи. Підготовка виробничих</p>

	<p>приміщень. Підготовка, мийка та стерилізація обладнання та комунікацій. Промислові мийчі та антисептичні засоби для біотехнологічної галузі. Література [1, 14, 17]</p>
11	<p><b>Підготовка та стерилізація поживних середовищ для виробничого біосинтезу</b> Підготовка поживних середовищ для виробничого біосинтезу: зберігання та дозування компонентів поживного середовища, способи стерилізації поживних середовищ. Контроль показників поживних середовищ. Література [3, 13, 15]</p>
12	<p><b>Підготовка посівного матеріалу для виробничого біосинтезу</b> Поняття посівного матеріалу, особливості підготовки посівного матеріалу різних типів клітин. Одержання посівного матеріалу для поверхневого та глибинного культивування. Музейні культури, робочі партії штамів-продуцентів БАР. Література [1, 5, 17]</p>
13	<p><b>Підготовка повітря для технологічного процесу</b> Способи очищення та стерилізації повітря для біосинтезу та виробничих приміщень. Типові технологічні прийоми стерилізації повітря. Повітряні фільтри. Принципи вибору фільтруючих матеріалів повітряних фільтрів. Контроль ефективності очистки та стерилізації повітря. Технологічна схема отримання стерильного повітря. Література [5, 9, 19]</p>
14	<p><b>Блок стадій передферментаційних робіт на технологічній схемі</b> Принципи розробки, варіанти подання стадій передферментаційних робіт у технологічних схемах робіт в залежності від типу продукту та умов виробництва. Література [1, 7, 11, 20]</p>
15	<p><b>Культивування мікроорганізмів та біосинтез продуктів: організація та принципи</b> Поверхневий та глибинний способи культивування. Періодичний та безперервний процеси біосинтезу. Принципи вибору типового ферментаційного обладнання. Особливості, переваги, недоліки різних способів культивування при отриманні біологічно активних речовин. Література [1, 3, 12]</p>
16	<p><b>Культивування мікроорганізмів та біосинтез продуктів: умови, контроль, регулювання</b> Вплив склад поживного середовища, інтенсивність аерації, температура, інтенсивність перемішування, рН, вологість, тривалість процесу, можливість інфікування. Методи контролю та керування біосинтетичними процесами. Піноутворення та методи його регулювання в процесах глибинного культивування. Література [2, 3, 16]</p>
17	<p><b>Імобілізовані клітини у процесах біосинтезу та біотрансформації</b> Використання іммобілізованих клітин для отримання цільового продукту: переваги та особливості культивування, способи іммобілізації, області застосування. Література [4, 8, 13]</p>
18	<p><b>Особливості біотехнологічних процесів на основі рослинних та тваринних клітин</b> Суспензійні культури, умови їх отримання та вирощування. Культивування калусних та суспензійних культур з метою одержання продуктів вторинного синтезу (алкалоїдів, глікозидів, ефірної олії, стеринів). Особливості обладнання для лабораторного та промислового культивування ізольованих клітин і тканин. Література [8, 13, 18]</p>
19	<p><b>Періодичне культивування і його графічна інтерпретація</b> Базові кінетичні показники та моделі періодичного культивування. Кінетика утилізації субстрату і утворення метаболітів в періодичному режимі культивування. Література [1, 3, 19]</p>



20	<p><b>Показники періодичного культивування та способи регулювання</b></p> <p>Питома швидкість росту, розхідні коефіцієнти, економічні коефіцієнти, вихід біомаси, ступінь використання субстрату, продуктивність біосинтезу. Способи регулювання біосинтезу в залежності від виду кінцевого продукту.</p> <p>Література [1, 3, 17]</p>
21	<p><b>Базові кінетичні показники безперервного режиму культивування</b></p> <p>Класифікація безперервних систем та методи керування ними, матеріальний баланс по біомасі та субстрату. Практичне застосування безперервного способу культивування.</p> <p>Література [2, 14, 16]</p>
22	<p><b>Моделі безперервного культивування</b></p> <p>Хемостатні, турбідостатні та інші системи керування безперервними процесами біосинтезу. Технологічна реалізація типових способів безперервного та напівбезперервного культивування.</p> <p>Література [2, 14, 17]</p>
23	<p><b>Принципи виділення продуктів біосинтезу</b></p> <p>Обґрунтування та вибір способів виділення в залежності від характеристик продукту та місця його локалізації. Способи концентрування та згущення біомаси: відстоювання, флотація.</p> <p>Література [1, 9]</p>
24	<p><b>Методи виділення продуктів біосинтезу</b></p> <p>Способи розділення твердої та рідкої фаз культуральної рідини: фільтрування, центрифугування, сепарування.</p> <p>Способи дезінтеграції біомаси для виділення екзогенних цільових продуктів. Фізичні, хімічні та біологічні способи; їх переваги та недоліки. Екстракція цільового продукту.</p> <p>Література [1, 3, 6]</p>
25	<p><b>Методи виділення білків осадженням</b></p> <p>Осадження білків органічними розчинниками, солями, вибірковою рН-та Т-денатурацією. Методи виділення білків в ізоелектричній точці.</p> <p>Література [6, 9]</p>
26	<p><b>Методи очистки продуктів біосинтезу</b></p> <p>Мембранні методи: діаліз, електродіаліз. Баромембранні способи: мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотний осмос. Розділення та очищення продукту методами адсорбції.</p> <p>Література [6, 19]</p>
27	<p><b>Принципи вибору способів та режимів висушування продуктів біосинтезу</b></p> <p>Термочутливість та ксерочутливість продуктів біосинтезу. Стабілізація продукту, стандартизація продукту. Наповнювачі та стабілізатори цільової активності.</p> <p>Література [1, 6]</p>
28	<p><b>Способи сушки продуктів біосинтезу</b></p> <p>Вакуум-висушування, розпилююча та сублимаційна сушка. Вибір способу в залежності від характеристик субстанції, що висушується, та вимог до готового. Товарні форми продуктів біосинтезу. Фасування, пакування, зберігання.</p> <p>Література [6, 9, 16]</p>
29	<p><b>Матеріальний баланс та контроль біотехнологічних виробництв</b></p> <p>Види та принципи складання матеріального балансу біотехнологічного виробництва. Види контролю, методи та точки контролю.</p> <p>Література [1, 7, 17]</p>
30	<p><b>Виробництво продуктів первинного синтезу</b></p> <p>Загальна характеристика технології білково-вітамінних концентратів (БВК). Особливості продуцентів, поживних середовищ, методів виділення. Готові форми продукту. Принципова технологічна схема отримання БВК.</p> <p>Література [1, 14, 19]</p>
31	<p><b>Особливості технології отримання органічних кислот</b></p> <p>Принципова технологічна схема отримання органічних кислот.</p> <p>Продуценти, товарні форми, поживні середовища, способи біосинтезу. Порівняння різних</p>

	способів виробництва органічних кислот. Література [1, 3, 17]
32	<b>Мікробіологічний спосіб отримання амінокислот</b> Особливості продуцентів, технологічних режимів, готових форм амінокислот. Принципова технологічна схема отримання амінокислот. Література [1, 14, 16]
33	<b>Мікробіологічне виробництво ферментних препаратів</b> Способи культивування продуцентів. Номенклатура, активність цільових продуктів. Особливості готових форм ферментних препаратів. Принципова технологічна схема отримання ферментних препаратів різного призначення. Література [1, 5]
34	<b>Особливості технології отримання антибіотиків мікробним синтезом</b> Продуценти, умови, залежність технологічної схеми від призначення цільового продукту. Принципові технологічні схеми отримання антибіотиків медичного та кормового призначення. Література [1, 16]
35	<b>Способи знешкодження відходів та викидів біотехнологічних виробництв</b> БПК, ХПК, анаеробна та аеробна очистка. Типові схеми очистки промислових стоків. Література [3, 14]
36	<b>Сучасний ринок біотехнологічної продукції</b> Основні виробники, спеціалізація виробництв, перспективні види препаратів та технологій. Література [10, сайти виробників]

#### Лабораторні заняття

№ заняття	Назва лабораторної роботи (заняття)
1	Вступне заняття. Техніка безпеки. Умови виконання лабораторних робіт.
2	Лабораторна робота № 1 (Заняття 1) Мікробіологічний контроль повітря, води та обладнання на підприємствах біотехнологічної промисловості. Література [1, 3, 19]
3	Лабораторна робота № 1 (Заняття 2) Мікробіологічний контроль повітря, води та обладнання на підприємствах біотехнологічної промисловості. Література [1, 19]
4	Лабораторна робота № 1 (Заняття 3) Мікробіологічний контроль повітря, води та обладнання на підприємствах біотехнологічної промисловості. Література [1, 17]
5	Лабораторна робота № 2 (Заняття 1) Аналіз основних видів сировини, що використовується в мікробіологічній промисловості. Сипка сировина. Література [18, 19]
6	Лабораторна робота № 2 (Заняття 2) Аналіз основних видів сировини, що використовується в мікробіологічній промисловості. Сипка сировина. Література [19, 10]
7	Захист лабораторної роботи №1. Захист лабораторної роботи №2.
8	Лабораторна робота № 3. Аналіз основних видів сировини, що використовується в мікробіологічній промисловості. Рідка сировина. Захист лабораторної роботи. Література [5, 19]
9	Лабораторна робота № 3. Аналіз основних видів сировини, що використовується в мікробіологічній промисловості. Густа сировина. Література [5, 16]
10	Лабораторна робота № 4 Культивування мікроорганізмів глибинним способом. Аналіз ростових процесів мікробних популяцій.

	Заняття 1. Мікроскопіювання продуценту, посів культури. Література [1, 19]
11	Лабораторна робота № 4 Культивування мікроорганізмів глибинним способом. Аналіз ростових процесів мікробних популяцій. Заняття 2. Визначення концентрації біомаси. Література [1, 16]
12	Лабораторна робота № 4 Культивування мікроорганізмів глибинним способом. Аналіз ростових процесів мікробних популяцій. Заняття 3. Визначення концентрації вуглеводів та молочної кислоти. Література [5, 17]
13	Захист лабораторної роботи № 3 Захист лабораторної роботи № 4
14	Модульна контрольна робота 1
15	Лабораторна робота 5. Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Заняття 1. Мікроскопіювання продуценту, посів культури. Література [1, 5]
16	Лабораторна робота 5. Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Заняття 2. Пересів окремих колоній на тест-середовище. Література [1, 3]
17	Лабораторна робота 5. Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Заняття 3. Відбір активного клону та пересів на вирощування. Література [16, 19]
18	Лабораторна робота 5. Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Заняття 4. Посів культури на ферментаційне середовище. Література [3, 19]
19	Лабораторна робота 5. Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Заняття 5. Аналіз показників біосинтезу ферменту (рН, біомаса). Література [3, 19]
20	Лабораторна робота 5. Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Заняття 6. Аналіз показників біосинтезу ферменту (білок, продукт). Література [1, 3]
21	Лабораторна робота 5. Селекція мікробного продуцента гідролітичного ферментного препарату. Дослідження динаміки процесу біосинтезу продукту. Заняття 7. Аналіз показників біосинтезу ферменту (вуглеводи). Література [1, 3]
22	Лабораторна робота 6. Готові форми біопрепаратів мікробного походження. Принципи розробки та біологічна активність. Заняття 1. Біопрепарати для сільського господарства. Література [8, 18]
23	Лабораторна робота 6. Готові форми біопрепаратів мікробного походження. Принципи розробки та біологічна активність. Заняття 2. Біопрепарати медичного призначення. Література [2, 10]
24	Лабораторна робота 6. Готові форми біопрепаратів мікробного походження. Принципи розробки та біологічна активність. Заняття 3. Біопрепарати у композиціях синтетичних мийних засобів. Література [16, 19]
25	Лабораторна робота 6. Готові форми біопрепаратів мікробного походження. Принципи розробки та біологічна активність. Заняття 4. Біопрепарати для харчових технологій. Література [1, 2]

26	Захист лабораторної роботи № 5 Захист лабораторної роботи № 6
27	Модульна контрольна робота 2

## 6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу за цим курсом відводиться 129 год. Види самостійної роботи:

- підготовка до лекційних занять (30 год)
- підготовка до лабораторних занять (40 год)
- виконання РГР (10 год)
- підготовка до модульного контролю (19 год, ознайомлення з матеріалами презентацій лекцій, додаткової літератури упродовж часу викладання курсу)
- підготовка до екзамену (30 год).

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- **правила відвідування занять:** вільне відвідування лекцій та обов'язкова присутність на лабораторних заняттях. У разі відсутності на лабораторних заняттях студент повинен надати підтвердження поважних причин і у цьому разі йому надається право відпрацювати лабораторне заняття у запропонованій формі, а у іншому разі він не отримує балів за заняття;
- **правила поведінки на заняттях:** активність, відключення телефонів;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:** заохочувальні бали студент може отримати за підготовку інформації з наданих питань за тематикою курсу, для чого студент має звернутися до лектора; штрафні бали не нараховуються;
- **політика дедлайнів та перескладань:** у разі відсутності при написанні контрольної роботи студент надає підтвердження поважних причин відсутності, після чого йому призначається додатковий час на її написання; у разі відсутності на контрольному заході без поважної причини студент не отримує балів за нього;
- **політика щодо академічної доброчесності:** студенти мають дотримуватимуться правил Академічної доброчесності – як їх викладено на сайті НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, див. <https://kpi.ua/academic-integrity>, <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>. При виявленні плагіату у РГР студента така робота не зараховується і студент не отримує балів за цей вид робіт. Студент може отримати для переробки РГР інше завдання виключно у випадку, якщо сума семестрових балів є меншою за допускову до написання залікової роботи (менше 40 балів);
- **при виконання завдань з курсу** студент не може використовувати та давати посилання у списку використаної літератури джерела країни-агресора (росії), відповідно до рекомендацій Уповноваженого із захисту державної мови для усіх учасників освітнього процесу (Лист МОН України "Про забезпечення дотримання мовного законодавства" (№1/8358-24 від 13.05.2024).

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** модульна контрольна робота (розділена на 2 КР) та розрахунково-графічна робота за темами і прикладом, наданими у п.9.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Позитивну атестацію отримує студент, що отримав не менше від 50% балів можливих на час проведення в університеті календарних контролів.

**Семестровий контроль:** Екзамен (письмовий). Теми до іспиту відповідають темам, поданим детально у п.3 силабусу.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг не менше 50% від максимально можливого.

### Рейтинг студента в 4 семестрі складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист 6 комплексних лабораторних робіт;
- 2) дві контрольні роботи, на які поділяється МКР;
- 3) виконання РГР;
- 4) письмової роботи на екзамені.

### Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

#### 1. Виконання та захист лабораторних робіт:

- 1.1. Виконання лабораторної роботи на кожному занятті. Ваговий бал – 0,5:
  - якісне виконання завдання, отримання відповідних результатів – 0,5 бал;
  - не виконання завдання, отримання невідповідних результатів – 0,25 бали.
- 1.2. Оформлення результатів лабораторної роботи в протоколі. Ваговий бал – 1 бал
  - повне та охайне оформлення результатів – 1 бал;
  - не повне та/або не охайне оформлення результатів – 0,6 бали.
- 1.3. Захист лабораторної роботи. Ваговий бал – 2:
  - повна відповідь на контрольні питання - 2 бали;
  - неповна/часткова відповідь на контрольні питання - 0,5 - 1,5 бали;
  - незадовільна відповідь на контрольні питання - 0 балів (не захист).

Таким чином при виконанні лабораторних робіт студент отримує:

$21 \text{ заняття} \times 0,5 \text{ бали (виконання)} + 6 \text{ лабораторних робіт} \times 1 \text{ бал (оформлення результатів)} + 6 \text{ лабораторних робіт} \times 2 \text{ бали (захист)} = 10,5 + 6 + 12 = 28,5 \text{ балів}$

У разі проходження навчання у дистанційному або змішаному режимі студенти отримують за лабораторні роботи таку ж кількість балів (28,5), але формат їх виконання та завдання повідомляються студентам викладачем перед початком занять додатково.

При пропуску лабораторного заняття з поважної причини студент має право:

- оформити протокол роботи з теоретичної частини,
- виконати видане викладачем теоретичне завдання щодо аналізу результатів даного заняття або теми роботи,
- захистити роботу.

При пропуску заняття без поважної причини студент не отримує балів за пропущене заняття.

#### 2. Контрольні роботи

Студенти виконують 2 контрольні роботи. Ваговий бал кожної контрольної роботи 10 балів.

Формат контрольної роботи у очному/змішаному режимі навчання: 20 тестових запитань.

Критерії оцінювання контрольної роботи:

- правильна відповідь на кожне з питань – 0,5 бали;
- частково правильна відповідь на кожне питання – 0,25 балів;
- не правильна відповідь на кожне з питань – 0 балів;

Формат контрольної роботи у дистанційному режимі може бути змінений на 1 проблемне питання, про що повідомляється студентам завчасно : 1 проблемне питання, яке передбачає розгорнуту відповідь

- правильна та повна відповідь на питання – 10 балів;
- правильна, але не повна відповідь на питання – 8-9 балів;
- в основному правильна, але не повна відповідь на питання – 6-7 балів;
- частково правильна відповідь, відповідь з помилками < 6 балів.

Максимальна кількість балів за виконання двох контрольних робіт  $2 \times 10 = 20$  балів.

При пропуску контрольної роботи з поважної причини студент має право її написати у додатково узгоджений з викладачем час. При пропуску контрольної роботи без поважної причини студент не отримує балів за контрольну роботу.

При списуванні на контрольних заходах або користування електронними пристроями (смартфон тощо) студент отримує максимально 50% від отриманих за контрольну роботу балів.

### 3. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР)

Ваговий бал - 11,5

Критерії оцінювання РГР:

- повна і вірна відповідь на питання по суті з використанням окрім підручників як мінімум ще 2 додаткових літературних джерел - статей, монографій, патентів після 2010 р.– 11,5 балів;
- повна і вірна відповідь на питання по суті з використанням лише літературних джерел-підручників – 10 балів;
- неповна відповідь на питання по суті або з помилками – 8-9 балів;
- часткова відповідь на питання або з суттєвими помилками – 6-7 балів;
- неповна відповідь на питання з помилками – <6 балів.

При оформленні РГР (окрім помилок по суті питання) помилками є відсутність посилань на літературу в тексті, відсутність наведеної повної умови завдання, відсутність списку літератури, неправильне подання посилань у списку. Формат подання РГР (паперовий або електронний) повідомляється викладачем за два тижні до терміну подання відповідно до умов навчання (очно/дистанційно).

У списку використаної літератури не можуть бути подані джерела країни-агресора (росії).

Термін подання РГР – до 23 травня 2025 р. При поданні РГР із запізненням без поважної причини максимально можливий бал складає 10.

При виявленні плагіату у РГР така робота не зараховується і студент не отримує балів за цей вид робіт. Студент може отримати для переробки РГР інше завдання виключно у випадку, якщо сума семестрових балів є меншою за допускову до іспиту (менше 30 балів).

#### Заохочувальні бали студент може отримати за:

- літературний пошук за заданою темою – до 6 балів (в залежності від відповідності вказаним вимогам);
- участь у олімпіаді з фаху – 2 бали (участь) або 6 балів (призове місце);
- участь у конференції з публікацією тез за результатами власних досліджень – 6 балів;
- методична або організаційна робота курсу – до 5 балів
- проходження стажування або тренінгу за тематикою курсу з наданням сертифікату (якщо це не є предметом зарахування частини курсу, як описано у п. 9) – до 6 балів

Додаткові бали додаються до семестрового рейтингу у кількості, що сумарно з набраними балами не перевищує 60 балів. Додаткові завдання надаються викладачем на запит студента, виконуються впродовж семестру та здаються в термін до початку сесії.

#### **Розрахунок шкали (R) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$RC = 28,5 + 20 + 11,5 = 60 \text{ балів}$$

Екзаменаційна складова: RE = 40 балів

$$\text{Загальний рейтинг з дисципліни: } R=RC+RE = 60 + 40= 100 \text{ балів}$$

Умовою допуску студента до екзамену є стартовий рейтинг не менше 0,5RC (30 балів).

Якщо студент має стартовий рейтинг, нижче від 0,5RC, студент повторно виконує один з видів робіт для підвищення стартового рейтингу до 0,5RC.

В іншому випадку студент не допускається до складання екзамену з дисципліни.

Екзамен проходить у вигляді письмової роботи, що складається з двох частин:

30 тестових питань та 1 практичного завдання.

Критерії оцінювання :

Питань:

- правильна відповідь на кожне з 30 питань – по 1 балу;
- частково правильна відповідь на кожне з 30 питань – 0,5 балів;
- не правильна відповідь на кожне з 30 питань – 0 балів;

Практичного завдання:

- правильне вирішення завдання – 10 балів;
- правильне вирішення з окремими помилками – 8 – 9 бали;
- вирішення з суттєвими помилками – 6-7 балів;
- наведені лише деякі кроки вирішення – < 6 балів.

Таким чином, письмовий екзамен оцінюється:

30 питань × 1 бали + практичне завдання × 10 бали = 40 балів

У разі проходження навчання у дистанційному або змішаному режимі студенти отримують за екзамен таку ж кількість балів (40), але його формат може бути змінений та повідомлений студентам завчасно додатково.

Значення загальної рейтингової оцінки:

R= RC+RE	Традиційна оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
40-59	Незадовільно
< 40	Не допущено

Перескладання екзамену в разі отримання оцінки Fx проводиться за тією ж рейтинговою системою оцінювання.

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

• **При вивченні дисципліни** можуть бути враховані результати неформальної/інформальної освіти студента. Результати проходження тренінгів, стажування та інших освітніх заходів за темами дисципліни з отриманням сертифікату можуть бути зараховані як виконання МКР. Результати очного стажування або робота за фахом (з наданням підтверджуючих документів – сертифікату, посадової інструкції тощо) за тематикою лабораторних робіт можуть зараховані як виконання частини лабораторних робіт з курсу. Можливість зарахування у таких випадках має бути попередньо узгоджена з керівником курсу.

### • **Перелік тем та приклади формулювання питань контрольні роботи:**

Теми до КР1: Лекції № 1-14

Теми до КР2: Лекції № 15-34

### Приклади формулювання тестових запитань у контрольних роботах

1. В ідеальних умовах культивування ріст популяції залежить лише від:
  - а) числа генерацій;
  - б) об'єму біореактору;
  - в) типу джерела вуглецю;
  - г) температури;
  - д) виду клітин
2. Кількість асимільованого вуглецю в процесі культивування можна визначити за допомогою:
  - а) субстрату, міченого по вуглецю;
  - б) титрування;
  - в) визначення кількості спожитого кисню;
  - г) визначення кількості продукту кінцевого метаболізму;
  - д) спектрофотометра
3. Вибір методів виділення продукту біосинтезу залежить від:

а) фізико-хімічних властивостей культуральної рідини; б) об'ємів культуральної рідини; в) наявності обладнання на підприємстві; г) біологічної активності продукту; д) технологічності методів

4. За принципом виділення продукти біосинтезу можна розділити на:

а) препарати мікробної маси; б) антимікробні препарати; в) продукти метаболізму; г) рідкі продукти; д) біологічно-активні продукти

Приклади формулювання проблемних питань:

1. Поясніть, чим обумовлена лаг-фаза на кривій росту мікробної культури у періодичному процесі та запропонуйте прийоми для її скорочення на прикладі отримання 3-4 різних мікробних продуктів.

2. Вкажіть основні критерії вибору способу концентрування на етапах виділення продуктів біосинтезу та проілюструйте це на прикладі 3-4 різних мікробних продуктів.

#### ● **Приклад варіанту РГР з дисципліни**

1. Складіть загальну технологічну схему отримання технічних амілолітичних ферментних препаратів, вкажіть особливості методів очищення.

2. У ферментері  $5 \text{ м}^3$  поживного середовища аерується повітрям у об'ємі  $200 \text{ м}^3$ . Повітря було очищене від сторонньої мікрофлори на фільтрі з коефіцієнтом проскоку  $10^{-3} \%$ . Стерилізація поживного середовища, що містило  $10^5$  кл/мл мікроорганізмів проводилася у режимі: нагрівання від  $100$  до  $120^\circ\text{C}$  на протязі 20 хв, витримка 15 хв, охолодження від  $120$  до  $100^\circ\text{C}$  на протязі 20 хв. Визначте, чи є стерильною вся система у ферментері.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено:

Проф. кафедри промислової біотехнології та біофармації, д. т.н., проф. Тодосійчук Т.С.

Ухвалено кафедрою промислової біотехнології та біофармації (протокол № 16 від 24.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 19 від 28.06.2024 р.)