

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Біологічний факультет  
Кафедра мікробіології

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан біологічного факультету  
Ігор ХАМАР

«13» 03. 2023 р.

Ухвалено Вченою радою  
біологічного факультету

від «13» 03. 2023 р.,

Протокол № 10/33

## ПРОГРАМА КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ІСПИТУ

Спеціальність 091 Біологія та біохімія

ОПІ «Мікробіологія»

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

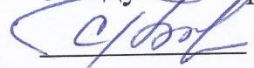
Львів – 2023

Програма кваліфікаційного іспиту здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОПП «Мікробіологія» спеціальності 091 – Біологія та біохімія

Розглянута на засіданні кафедри мікробіології

Протокол № 3 від «07» лютого 2023 р.

Завідувач кафедри мікробіології

 проф. Світлана ГНАТУШ

«07» 02 2023 р.

Схвалено методичною радою біологічного факультету

Протокол № 3 від «15» 02 2023 р.

Голова  доц. Віталій ГОНЧАРЕНКО

«15» 02 2023 р.

Кваліфікаційний іспит – обов’язковий компонент атестації набуття компетентностей, визначених стандартом вищої освіти та достатніх для професійної діяльності за спеціальністю 091 – Біологія та біохімія.

Кваліфікаційний іспит для здобувачів ОПП «Мікробіологія» другого (магістерського) рівня вищої освіти буде проведено у грудні 2024 року.

Формат проведення – очний.

Екзаменаційна робота складається з 25 тестових завдань, що мають по чотири варіанти відповіді, з яких лише один правильний. На виконання тесту відводиться 60 хв.

Програма кваліфікаційного екзамену здобувачів ОПП «Мікробіологія» спеціальності 091 – Біологія та біохімія складається з таких розділів:

1. Інтелектуальна власність і авторське право
2. Філософія біології
3. Проблемні питання сучасної біології
4. Біоінформатика
5. Метаболізм мікроорганізмів
6. Молекулярна мікробіологія
7. Актуальні питання практичної мікробіології
8. Промислова мікробіологія
9. Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів
10. Методологія наукових досліджень у мікробіології

Програма складена групою забезпечення ОПП «Мікробіологія» Львівського національного університету імені Івана Франка.

## **1. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ І АВТОРСЬКЕ ПРАВО**

**Загальні положення про інтелектуальну власність.** Поняття та структура інтелектуальної власності. Об'єктивне право інтелектуальної власності: поняття, загальна характеристика, джерела. Суб'єктивне право інтелектуальної власності: поняття, зміст та юридичні властивості. Суб'єкти права інтелектуальної власності: поняття та класифікація. Державна система охорони та захисту інтелектуальної власності в Україні.

**Інтелектуальна власність на літературні, художні та інші твори (авторське право).** Концепції правової охорони авторського права: історія та сучасність. Об'єктивне авторське право: поняття, загальна характеристика, джерела. Об'єкти авторського права: поняття, класифікація. Твори, які не охороняються авторським правом. Суб'єкти авторського права: поняття, класифікація.

**Суб'єктивні авторські і суміжні права.** Суб'єктивні авторські права: поняття, види та загальна характеристика. Обмеження майнових прав автора. Строки дії суб'єктивних авторських прав. Порушення авторського права, що є підставою для судового захисту. Способи захисту авторського права. Права суміжні з авторськими.

**Інтелектуальна власність на винахід, корисну модель та промисловий зразок (патентне право).** Патентне право: поняття, загальна характеристика, джерела. Об'єкти патентного права: поняття, види, умови правової охорони. Суб'єкти патентного права. Зміст суб'єктивних патентних прав. Патент: поняття, види та порядок отримання.

**Інтелектуальна власність на правові засоби індивідуалізації учасників цивільного обороту, товарів і послуг (комерційні позначення).** Інститут комерційних позначень: загальна характеристика та джерела правового регулювання. Інтелектуальна власність на комерційне (фірмове) найменування. Інтелектуальна власність на торговельну марку (знак для товарів та послуг). Інтелектуальна власність на зазначення походження товарів (географічне зазначення).

**Права на інші (нетрадиційні) об'єкти інтелектуальної власності.** Інтелектуальна власність на наукове відкриття. Інтелектуальна власність на компонування (топографію) інтегральної мікросхеми. Інтелектуальна власність на раціоналізаторську пропозицію. Інтелектуальна власність на селекційні досягнення (сорт рослин, породи тварин). Інтелектуальна власність на комерційну таємницю.

**Договори у сфері інтелектуальної власності.** Поняття, види та загальна характеристика договорів у сфері інтелектуальної власності. Ліцензія та ліцензійний договір. Договір про створення за замовленням і використання об'єкта права інтелектуальної власності. Договір про передання виключних майнових прав інтелектуальної власності. Договір комерційної концесії.

## **2. ФІЛОСОФІЯ БІОЛОГІЇ**

**Вступ у «Філософію біології».** Предмет дослідження і завдання філософії біології. Загальна характеристика філософії. Філософські науки. Знання як філософська категорія. Предмет і завдання епістемології. Пізнання як філософська категорія. Предмет і завдання гносеології. Мітологічний спосіб пізнання і його відмінності від наукового способу пізнання. Наука як форма суспільного пізнання. Її становлення та сучасне розуміння. Дедуктивні та індуктивні науки. Гуманітарії (гуманітарні науки), їхня класифікація та відмінність від наук. Природничі та суспільні науки. Місце біологічних наук. Технології, їхня класифікація, значення та відмінність від науки. Мистецтво як форма суспільної свідомості. Порівняльна характеристика та взаємовідносини між наукою, технологією та мистецтвом. Роль науки у суспільстві постправди.

**Науковий метод дослідження.** Античні уявлення про науку. Вклад Аристотеля (384–322 до н.е.) у виникнення науки. Індукція та дедукція у науці. Їхнє практичне застосування у біології. Загальна характеристика наукового методу. Роботи Френсіса Бекона (1561–1626) і Джона Стюарта Мілля (1806–1873) для становлення уявлень про науковий метод. Критерій принципової спростовуваності Карла Раймонда Поппера (1902–1994) та його значення. Концепція епістемологічного анархізму Пола Карла Файєрабенда (1924–1994). Спостереження як науковий метод. Основні методологічні вимоги до спостереження. Застосування у біології. Загальна характеристика експерименту як наукового методу. Експериментальні біологічні науки. Роль робіт Клавдія Галена (129 або 130 – бл. 201) у запровадженні експерименту у науку. Роль неінвазивних методів дослідження у методології сучасної біології. Інформаційні технології. Етапи наукового пізнання. Основні підходи до верифікації наукових положень чи тверджень. Дефініція основних наукових понять та категорій (наукові факти, наукові дані, гіпотеза, робоча гіпотеза, науковий метод, методика дослідження, теорія, закон). Проблема множинності трактувань наукових досліджень. Принцип ощадливості у біології – від леза Оккама (Вільям із Оккама (1287–1347)) до канону Моргана (Конві Ллойд Морган (1852–1936)). Проблема якості у сучасних наукових дослідженнях.

**Мораль і біологічні дослідження – взаємодоповнення і взаємозалежність.** Мораль як філософська категорія. Предмет і завдання етики. Етичні засади утилітаризму. Роботи Джеремі Бентама (1748-1832) і Джона Стюарта Мілля (1806-1873). Категоричний імператив і Моральний закон Іммануїла Канта (1724-1804). Загальні морально-етичні проблеми у науці. Проблема джерела моралі. Людина як джерело моральності. Від медицини крізь фізіологію у науку. Застосування принципу «Не нашкодь!» у науці. Гіппократ (460–377 до н.е.). Принципи гуманного ставлення до лабораторних тварин. Експеримент Мілпрема з позиції біоетики та інших морально-етичних систем. Біологічні та морально-етичні проблеми редагування генів людини. Морально-етичні проблеми проведення дослідів над людиною, клонування людини, екстракорпорального запліднення, втручання у геном. Пріоритетність у наданні медичної допомоги в екстремальних випадках. Протоколи сортування.

**Від віталізму до редукціонізму та холізму. Загальна характеристика і властивості живих систем.** Загальна характеристика, виникнення та занепад віталізму. Основні представники. Загальна характеристика редукціонізму. Роль у сучасних біологічних дослідженнях. Загальна характеристика та історія виникнення холізму. Погляди Яна Крістіана Смутса (1870–1950) та Джона Скотта Холдейна (1860–1936). Основні постулати теорії систем. Трактування життя із позиції різних біологічних наук. Погляди Ервіна Шредінгера (1887–1961) на живі системи. Загальна характеристика організму. Рівні організації живого. Живі системи Джеймса Грієра Міллера (1916–2002). Характеристика живих систем у рамках теорії систем. Відмінність живих систем від неживих систем. Жива система як відкрита система. Жива система як сукупність взаємопов'язаних елементів. Приклади живих систем на різних рівнях організації живого. Біорізноманіття. Стратегія сталого розвитку. Біорізноманіття як запорука сталості середовища проживання людини. Екосистема як приклад надорганізмової системи. Фізіологічна система як приклад живої системи. Клітина як жива система. Системний ефект фосфоліпідів біологічних мембран як приклад емерджентності. Значення компартменталізації для забезпечення протікання життєвих процесів. Феномен виникнення життя на клітинному рівні організації живого. Адитивні і неадитивні ефекти у живих системах. Потенціювання, або синергія, як особливість живих систем. Структурні живі системи. Характеристика функціональних живих систем. Внутрішньоклітинна сигнальна система. Зворотні зв'язки та їхнє

значення. Випереджувальний зв'язок. Стратегія на випередження. Проблема пошуку життя на інших планетах Сонячної системи та екзопланетах.

**Роль біологічних досліджень у вирішенні філософських проблем мови.** Характеристика мови як живої системи. Філософські проблеми мови. Мовлення. Порівняльна характеристика мовлення і мови. Уявлення про походження мов Аврама Ноама Хомського (р.н. 1928). Сучасні погляди на походження мови. Виникнення Нікарагуанська мова жестів. Мова у тваринному світі. Аналогії та відмінності між мовою людини і тварин. Сенсорний центр мови Верніке. Роботи Карла Верніке (1848–1905). Афазія Верніке. Моторний центр мови, відкритий П'єром Полем Брока (1824–1880). Афазія Брока. Сучасні уявлення про процеси сприйняття мови і мовлення. Мова тіла як універсальна вроджена невербальна мова. Дзеркальні нейрони і мова. Різноманітність мов людини. Аналогія процесу дивергенції мов з видоутворенням. Штучні мови машин. Потенційні можливості виникнення природніх мов машин.

**Розум і його прояви у тваринному світі. Свідомість. Відповідальність.** Категорія розуму, мудрості і мислення. Коефіцієнти інтелекту. Рівні та прояви мислення. Форми і типи мислення. Дослідження розуму та здатності навчатися у тварин. Канон Моргана (Конві Ллойда Моргана (1852–1936)). Категорія свідомості і самосвідомості. Зв'язок між рівнем свідомості та здатністю опанувати мову. Експериментальні підтвердження чи/і спростування наявності (само)свідомості у тварин. Дзеркальний тест. Категорії свободи та відповідальності.

**Адаптації. Роль емоцій у пристосувальних реакціях організму.** Порівняльна характеристика адаптації та пристосувальних реакцій організму. Типи адаптацій їхнє загальнобіологічне значення. Адаптація і телеологія в біології. Поведінкові пристосувальні реакції. Роль емоцій у пристосувальних реакціях організму.

### 3. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ СУЧАСНОЇ БІОЛОГІЇ

**Головні етапи в становленні сучасної біології.** Характеристика взаємовідносин між окремими «оміками». Структурна організація живої матерії. Інтерактоміка: взаємодії білок-ДНК і білок-білок. Ген-регуляторні мережі клітини. Біоінформатика: головні методичні підходи, роль у сучасній біології.

**Клітинний цикл: структура.** Структура клітинного циклу, рестрикційні точки у клітинному циклі та їх біохімічний зміст. Синхронізація клітинного циклу в популяції клітин. Роль Cdk-циклінових комплексів у регуляції клітинного циклу. Визначення і загальна характеристика цитокінів.

**Поліпептидні фактори росту (цитокіни) – головні регулятори проліферації і диференціації клітин тварин і людини.** Родина інсуліноподібних факторів росту. Родина епідермального фактора росту. Родина тромбоцитарного фактора росту. Родина фактора росту фібробластів. Родина трансформуючого фактора росту бета-типу.

**Спряження рецепторів з регуляторними системами клітини.** Структура плазматичної мембрани та мембранних рецепторів. Специфічні рецептори поліпептидних факторів росту. Інтерналізація ліганд-рецепторних комплексів та її біологічна роль. Внутрішньоклітинна сигналізація. Рецептори та G-білки плазматичної мембрани: спряження між ними та роль у механізмах дії цитокінів. Протеїнкіназні каскади та їх роль у передачі регуляторних сигналів у клітину: сигнальний шлях Ras/MAPK. Сигнальні функції продуктів розщеплення фосфоліпідів. Участь протеїнкіназ А і С у передачі регуляторних сигналів у клітині. Сигнальний шлях JAK/STAT у тваринних клітинах. Роль білків Smad у передачі регуляторних сигналів цитокінами родини трансформуючого фактора росту бета-типу. Транскрипційні фактори (на прикладі NF- $\kappa$ B). Механізми руйнування білків у клітинах. Роль та механізми функціонування протеасом.

Роль білків-шаперонів у клітині. Механізми транслокації білків у клітині та механізми, які визначають локалізацію білків у клітині. Секретовані та мембранні білки – практичне застосування скерованої локалізації білків.

**Молекулярні механізми канцерогенезу.** Хімічний та вірусний канцерогенез. Протоонкогени та онкогени. Молекулярні механізми дії білкових продуктів протоонкогенів. Внутрішньоклітинна локалізація та біологічні властивості білкових продуктів протоонкогенів. Зв'язок продуктів онкогенів із поліпептидними факторами росту. Антионкогени – гени-супресори пухлинного росту. Молекулярні механізми дії антионкогенів. Основні фенотипічні характеристики злоякісних клітин. Автокринна регуляція. Фенотипові ознаки злоякісних і трансформованих клітин. Особливості регуляції проліферації клітин під час злоякісного росту. Втрата контактного інгібування росту клітин. Автокринна регуляція клітинних функцій. Зміни у структурі і функціях мембранних рецепторів клітин під час злоякісного росту. Зміни у механізмах передачі регуляторних сигналів від рецепторів на плазматичній мембрані до внутрішньоклітинних молекулярних мішеней. Зміни в експресії специфічних генів під час злоякісного росту. Теорія багатостадійного канцерогенезу та її суть. Молекулярні механізми дії канцерогенів. Промотори та ініціатори канцерогенезу. Хімічний та вірусний канцерогенез: загальна характеристика. Структура та функції ретровірусів. Білок p53 і канцерогенез.

**Молекулярні механізми старіння і загибелі клітин.** Фізіологічна смерть клітин у багатоклітинних еукаріотичних організмів. Запрограмована смерть клітин. Апоптоз: цитоморфологічна і біохімічна характеристика. Індуктори апоптозу. Супресори апоптозу. Автофагія. Незапрограмована (випадкова смерть клітин, некроз).

**Молекулярні механізми поширених захворювань.** Діабет і ожиріння. Патогенетичні аспекти діабету. Молекулярно-генетичні механізми, які лежать в основі розвитку діабету. Атеросклероз і серцево-судинні захворювання. Цитокіни і паракринно-автокринна регуляція при атеросклерозі. СНІД та автоімунні захворювання. Спадкові захворювання.

**Генна інженерія.** Генна терапія. Механізми виникнення резистентності до ліків. Клонування живих організмів. Стовбурові клітини. Трансгенні організми. Біовектори. Біоінженерія. Молекулярні механізми формування імунологічної різноманітності. Т-клітинний та В-клітинний імунітет. Гібридомна біотехнологія та моноклональні антитіла. Прокаріотичні та еукаріотичні клітинні біореактори у біотехнологіях. Посттрансляційна модифікація білків: біологічне значення. Регуляція експресії генів під час процесів розвитку у тварин і диференціації їх клітин. Критичні для морфогенезу періоди в ембріогенезі тварин та їхній вплив на розвиток. Поняття про генетичну і епігенетичну інформацію під час процесів біологічного розвитку. Джерела і методи отримання стовбурових клітин. Біомедичні та етичні проблеми отримання і використання стовбурових клітин.

**Нанобіотехнології і наноматеріали для біології і медицини.** Наноматеріали, «розумні» матеріали, їх використання для доставки лікарських субстанцій і генетичних матеріалів. Біосенсори: принципи створення і застосування.

**Біоетика: порушення етичних норм наукової діяльності.** Наукова ідея, стаття, проект. Проблеми захисту інтелектуальної власності в науці. Екологічні проблеми: глобальне потепління, загроза біорізноманіттю, забруднення довкілля. Енергетичні проблеми. Відновлювані джерела енергії. Біопаливо. Об'єктивна біоетика: біозброя, біотероризм, клонування організмів, трансгенні організми, трансплантація тканин і органів, отримання ембріональних стовбурових клітин. Суб'єктивна біоетика: порушення етичних норм наукової діяльності. Наукова ідея, стаття, проект – шлях до матеріально-технічного забезпечення наукової діяльності та науково-технічного прогресу людства. Проблеми захисту інтелектуальної власності в науці.

#### 4. БІОІНФОРМАТИКА

**Вступ до біоінформатики.**Що таке ДНК і білок. Центральна догма молекулярної біології ХХ століття, її сучасне тлумачення з точки зору епігенетики й теорії інформації. Біоінформатика як синтез методів молекулярної біології, генетики, інформатики і статистики. Маргарет О. Дейгоф і перші моделі еволюції НАП. Теорія прийнятних точкових мутацій (РАМ) М. Дейгоф. Нуклеотид, кодон, амінокислотний залишок – елементарні одиниці інформації, якими оперує біоінформатика. Типи даних, що генерують геномні, транскриптомні і протеомні методи досліджень. Інтерактом. Системний аналіз. Роль біоінформатичних методів у біологічних дослідженнях. Журнал *NucleicAcidsResearch* – провідник у світі біоінформатики. Біоінформатичні сервіси на веб-порталі NCBI – PubMed, GenBank, Genome, Taxonomy, GEOdatasets. Національний центр біотехнологічної інформації США (NCBI) – структура і функції.

**Математичні моделі НАП – концептуальні засади.** Біологічна модель – на прикладі абетки і мови. Що таке інформація? Символьне повідомлення. Що таке частота, імовірність та вірогідність події? Імовірність (частота) трапляння підпоследовності (слова) у последовності (тексті) – моделі Бернуллі і Маркова. Поняття Байєзової статистики стосовно аналізу НАП. Окремі випадки використання елементів Байєзової статистики, вірогідності і різноманітних розподілів імовірності до розв’язання біологічних питань.

**Математичні моделі еволюції нуклеотидних последовностей.** Моделі еволюції нуклеотидних последовностей як приклад параметризованих моделей. Модель Джакса-Кімури JC69, її параметри. Теорія молекулярного годинника, її практичне застосування. Типи матриць заміщення – одиничні, емпіричні, параметризовані. Райони низької складності в НАП та повтори. Повтори – кількісно домінуюча форма організації генетичного матеріалу. Неструктуровані білки як приклад последовностей з низькою складністю.

**Порівняння НАП – концептуальні засади.** Еволюційна спорідненість (гомологія) як концептуальна основа порівняння НАП. Гомологічність, подібність, ідентичність. Локальне і глобальне вирівнювання. Підпоследовності, прогалини, штрафи, рахунок вирівнювання. Еволюція НАП як процес Маркова. Моделі Маркова в аналізі генетичних последовностей. Матриці мутаційних даних РАМ. Матриці BLOSUM. Емпіричні матриці кодонних заміщень і їхнє застосування в оцінці еволюції НАП.

**Попарне вирівнювання НАП.** Принцип графічного ілюстрування попарного вирівнювання НАП. Типи перебудов НАП, які можна виявляти за допомогою дотплот-аналізу – повтори, повні і часткові інверсії. Поняття “вікна” вирівнювання. Приклади програм відкритого типу для дотплот-аналізу на рівні окремих генів і геномів. Методи динамічного програмування у вирівнюванні НАП. Алгоритм локального вирівнювання Сміта-Уотермана з використанням унітарної матриці заміщень. Алгоритм глобального вирівнювання Нідельмана-Ванча. Порівняння рахунків вирівнювання НАП на основі унітарної матриці та BLOSUM62.

**Веб-сервіс BLAST.** Евристичні модифікації алгоритму локального попарного вирівнювання, що лежать в основі BLAST (BasicLocalAlignmentSearchTool) – “засівні слова порівняння”, афінні штрафи, пороги подібності. Статистична оцінка результатів BLAST –  $e$ ,  $p$ ,  $bits$ ,  $gaps$ . Родина програм BLAST – blastn, blastp, blastx, tblastn. PSI-BLAST – метод порівняння “профілів” білків. Структура початкової сторінки BLAST, її параметри за замовчуванням і можливості налаштування відповідно до мети дослідження. Структура сторінки результатів BLAST. Приклади вирівнювання високоподібних і віддалених НАП.



**Множинне вирівнювання НАП.** Концепція множинних вирівнювань НАП. Прогресивний принцип множинного вирівнювання. Інформація, яку надає множинне вирівнювання НАП. Глобальні і локальні множинні вирівнювання. Веб-сервіси, що надають послугу множинного вирівнювання – CLUSTALW2/Ω, MUSCLE, T-COFFEE. Ілюстрування множинних вирівнювань.

**Узагальнюючі моделі множинних вирівнювань** – консенсусний рядок, паттерни. Синтаксис паттернів. PROSITE. Прості профілі, паттерни і позиційно-специфічні матриці (PSSM/PSWM). Поняття зваженого рахунку позиції вирівнювання і псевдорахунку. Бази PSSM – CDD. Алгоритм PSI-BLAST.

**Приховані моделі Маркова.** Генералізовані профілі. Концепція стану ознаки. Видимий шлях символів і прихований шлях станів. Принцип побудови й функціонування прихованої моделі Маркова (HMM) на прикладі аналізу 5'-ділянки екзон-інтронного переходу. Сервіси на основі HMM – HNPred, TMHMM, GeneMark, Pfam тощо. Вступ до філогенетичного аналізу. Вибір даних і моделі еволюції. Наявні онлайн-сервіси для вибору моделі еволюції (IQ-Tree) Письмовий контроль (модуль) за змістом перших 9 лекцій курсу.

**Молекулярна філогенетики – засади.** Концепція філогенетичного дерева, її біологічний зміст. Основні терміни – клада, нода, корінь, аутгруп, шкала дивергенції. Філогенетичний сигнал. Матеріал для аналізу – нуклеотидні, кодонні чи амінокислотні послідовності? Стратегії вибору масиву даних для філогенетичного аналізу й тлумачення результатів. Гомологи, паралоги, ортологи. Еволюційна модель у філогенетиці.

**Молекулярна філогенетика і філогеноміка.** Дистанційні і позиційні методи філогенетичного аналізу. Метод “з’єднання сусідів” (NJ). Метод максимальної вірогідності (ML). Статистична оцінка достовірності отриманих філогенетичних дерев – метод бутстрап-аналізу для методу NJ і aLRT – для ML. Філогеномний аналіз і систематика життя. Значення філогенетичних підходів у популяційній генетиці і судовій практиці. Аналіз 16S рРНК. Філогенетичний веб-сервер Phylogeny.fr. Філогенія у межах одного виду/популяції – концептуальні відмінності від філогенії видів. Коалесцентна теорія. Фіксовані мутації між видами і поліморфізм у межах виду. Філогенетична реконструкція у вірусних популяціях, на прикладі вірусу імунодефіциту людини (HIV). Особливості біології HIV. Маркерні гени HIV. Філогенетична реконструкція HIV – глобальний рівень, між популяціями, у межах популяції, в одній особі. Про що свідчить топологія і довжина гілок дерева HIV? Практичне застосування філогенії HIV.

**Ідентифікація кодувальних і операторних послідовностей.** Моделі прокариотичного і еукаріотичного гена – і біологічна дійсність. Ген, відкрита рамка зчитування (orf), кодуюча послідовність, кодон. Виявлення кодуючих послідовностей за гомологією – BLAST. Виявлення кодуючих послідовностей *ab initio* – за рахунок порівняння частот вживання кодонів у досліджуваному гені і певному референтному геномі; за рахунок аналізу вживання нуклеотидів у третій позиції кодона. Врахування даних транскриптоміки у виявленні кодуючих послідовностей. Програми GeneMark. PRODIGAL. GLIMMER. Пошук операторних послідовностей – програми RegPredict. MEME. Бази даних операторних послідовностей – TransFac тощо.

**Аналіз білкових структур.** Класифікація білків. Поняття родини і фолду. Бази даних Pfam, SCOP. Тривимірні моделі білків – яку інформацію вони містять? PDB. Програма пошуку структурної гомології – HNPred. Веб-сервер ExPaSy для визначення основних параметрів білкових послідовностей та імовірних ділянок їхнього протеазного розщеплення і посттрансляційної модифікації. Програми для моделювання третинної структури білків і докінгу малих молекул. Веб-сервер STRING для аналізу функції гена у всій сукупності зв’язків з сусідніми генами і спорідненими геномами. KEGG.AlphaFold.

**Аналіз РНК.** Виявлення рРНК й тРНК у геномах. Аналіз даних RNAseq. Бази даних тРНК. Передбачення вторинної структури РНК та оцінка її стабільності. Бази даних рРНК для потреб молекулярної таксономії. Бази даних некодуючих РНК. Бази даних виявлення CRISPR-елементів у геномах бактерій.

## 5. МЕТАБОЛІЗМ МІКРООРГАНІЗМІВ

**Вступ.** Ферменти як основні компоненти метаболітичних шляхів та об'єкти регуляції. Значення вивчення обміну речовин у мікроорганізмів. Роль метаболізму в адаптації мікроорганізмів до умов перебування.

**Ферменти – елементи контролю метаболізму.** Структура і функції ферментів мікроорганізмів. Специфічність дії ферментів. Механізми дії ферментів. Хімічна рівновага та швидкість реакції – регулюючі фактори біохімічних процесів. Фактори, що впливають на швидкість ферментативної реакції (концентрація ферменту, концентрація субстрату, температура, рН) у мікроорганізмів. Методи визначення активності ферментів. Одиниці активності. Регуляція активності ферментів. Зворотна і незворотна ковалентна модифікація. Роль протеолізу у регуляції обміну речовин. Алостерична активація та інгібування. Білок-білкові взаємодії. Регулювання синтезу ферментів мікроорганізмів. Роль інгібіторів ферментів та метаболітів у регуляції ферментативної реакції. Індукція синтезу ферментів. Репресія і дерепресія синтезу ферментів. Позитивна і негативна регуляція генів. Взаємодія ДНК і ДНК-зв'язуючих білків.

**Множинні молекулярні форми та ізоферменти. Метаболони і компартменти мікроорганізмів.** Мульферментні комплекси у мікроорганізмів. Ізоферменти та регуляція їх активності. Внутрішньоклітинний розподіл ферментів. Концепції організації метаболітичних процесів. Метаболон. Симбіотична компартментація. Каскадний механізм дії ферментів.

**Сигналізування і кворум-сенсінг у мікроорганізмів. Апоптоз.** Сигналізування у мікроорганізмів. Системи кворум-сенсінгу у мікроорганізмів. Роль кворум-сенсінгу в регулюванні метаболізму.

**Живлення мікроорганізмів.** Потреби мікроорганізмів у поживних речовинах. Типи живлення мікроорганізмів. Механізми, значення й особливості транспорту поживних речовин у клітину мікроорганізмів для життєдіяльності. Транспорт феруму та його регулювання у мікроорганізмів.

**Енергетичний метаболізм.** Класифікація та властивості енергетичних систем мікроорганізмів. Механізми отримання енергії у мікроорганізмів. Способи синтезування АТФ у мікроорганізмів. Фосфагени. Поняття субстратного та окисного фосфорилування.

**Хемотрофія.** Катаболізм аеробних хемоорганотрофних мікроорганізмів. Етапи катаболізму цукрів хемоорганотрофами. Три шляхи розщеплення гексоз: гліколіз, пентозофосфатний шлях, шлях Ентнера-Дудорова. Метилглюксалевий шунт. Шляхи окиснення пірувату мікроорганізмами. ЦТК. Причини неповного окиснення органічних субстратів хемоорганотрофними мікроорганізмами. Метилотрофи. Метанотрофи. Схема окиснення метану. Загальні особливості катаболізму хемолітотрофних мікроорганізмів. Водневі бактерії, нітрифікувальні, сіркоокиснювальні, карбоксидобактерії та особливості їхнього метаболізму. Світні бактерії і біолоюмінесценція. Використання енергії світла галобактеріями.

**Фототрофія: істинна і квазі.** Карбонова автотрофія. Оксигенний фотосинтез. Аноксигенний фотосинтез. Фотофосфорилування. Пігменти фотосинтезувального апарату. Структурна організація фотосинтезувального апарату. Механізм фотосинтезу. Істинна фототрофія. Квазі-фототрофія.

**Нітрогенна автотрофія.** Азотфіксація. Будова та функціонування нітрогеназного комплексу. Механізми захисту нітрогенази від кисню. Регуляція хемо- і фототрофного метаболізму. Регуляторні механізми, що контролюють процес азотфіксації.

**Анаболізм у мікроорганізмів. Вторинний метаболізм у мікроорганізмів.** Три рівня біосинтезу в клітині. Метаболічні петлі. Ключові метаболіти. Потоки карбону в гетеро- та автотрофів. Анаплеротичні реакції. Шляхи асиміляції мікроорганізмами вуглекислого газу: цикл Кальвіна, цикл Еванса-Буханана-Арнона, шлях ацетил-КоА, 3-гідроксипропіонатний шлях. Три способи асиміляції мікроорганізмами формальдегіду: сериновий шлях, рибулозомонофосфатний шлях, дигідроксиацетоновий шлях. Асиміляція мікроорганізмами C2-субстратів: гліоксилатний цикл. Особливості регуляції біосинтезу вітамінів та амінокислот. Синтез поліцукридів. Біосинтез насичених та ненасичених жирних кислот. Асиміляція мікроорганізмами неорганічного азоту. Асиміляційна нітратредукція.

## 6. МОЛЕКУЛЯРНА МІКРОБІОЛОГІЯ

**Вступ.Методи молекулярної мікробіології.** Предмет і завдання молекулярної мікробіології. Історичний нарис. Місце молекулярної біології в системі біологічних наук. Сучасні методи молекулярної мікробіології: ПЛР, ІФА, Саузерн- і Нозерн-блот гібридизація, Вестерн-блот аналіз, метод ДНК-мікрочипів. Досягнення геноміки, транскриптоміки та протеоміки мікроорганізмів.

**Геном прокариот.** Визначення понять: геном, бактеріальна хромосома, оперон, позахромосомна плазмідна ДНК. Нуклеоїд бактерій. Кількість нуклеоїдів у клітинах бактерій. Структура та хімічний склад нуклеоїдів. Кількість, форма та розміри хромосом бактерій. Взаємодія між ДНК та білками бактерій. Гістоноподібні білки бактерій. Домени суперскрученості хромосом бактерій. Роль РНК у структурі нуклеоїду. Будова лінійних хромосом бактерій. Взаємодія між хромосоною і цитоплазматичною мембраною бактерій. Кількість генів у геномах різних груп бактерій і їхній розмір. Поділ генів бактерій за їхньою функцією на категорії. Особливості набору генів у архебактерій. Типи транскрипційних одиниць у бактерій. Інтрони в генах бактерій: інтрони I та II груп, пре-мРНК-подібні інтрони. Інтрони архебактерій. Класифікація структурних генів прокариот. Організація та принцип регуляції бактеріальних оперонів. Класична схема оперону за Жакобом і Моно.

**Геном грибів.** Загальний огляд організації геномів дріжджів і грибів. Гени хромосом. Організація мітохондріального геному грибів. Мітохондріальний геном дріжджів: розмір і нуклеотидний склад. Гени, які кодує мітохондріальна ДНК дріжджів. Рекомбінації мітохондріального геному дріжджів. Мітохондріальний геном *Neurospora*. Мітохондріальні плазмиди *Neurospora*. Геноми мітохондріальних плазмід *Neurospora*. Аномалії мітохондріального геному і старіння. Транскрипція мітохондріальних генів і її регуляція. Мітохондріальна РНК-полімераза *Saccharomyces*. Регуляція транскрипції. РНК-процесинг: кепування, поліаденілювання та РНК-сплайсинг. Старіння та розпад мРНК. Регуляція трансляції геному дріжджів. Білки ядерного кодування –регулятори трансляції мітохондрій.

**Основи протеоміки і метаболоміки.** Протеоміка як наука про білковий профіль клітини. Протеом клітини як відображення геному, регуляторних клітинних процесів та умов навколишнього середовища. Сукупність білків як відображення процесів експресії генетичної інформації. Методи вивчення протеому. Особливості електрофорезу білків. Розділення за розміром і зарядом. Хроматографічні методи. Використання бази даних UniProt для пошуку інформації щодо певних білків. Метаболом – сукупність метаболітів організму. Основні поняття і терміни метаболоміки. Вивчення профілей низькомолекулярних речовин клітини. Принцип відбору малих молекул як показників метаболічних процесів.

**Векторні системи бактерій та мобільні генетичні елементи прокаріот. Плазмід.** Визначення понять «плазмід», «епісома». Реплікація плазмід. Механізми реплікації кільцевих плазмід (реплікація з утворенням “q-форм”, реплікація за механізмом “заміщення ланцюга” та за механізмом “кільця, що котиться”). Механізми реплікації лінійних плазмід. Етапи реплікації плазмід. Регуляція реплікації плазмід. Розходження плазмід під час поділу клітини. Несумісність плазмід. Нестабільність. Взаємодія плазмід із хромосомами бактерій. Мінливість бактерій, обумовлена інтеграцією плазмід у хромосоми бактерій і їхньою ексцизією. Рекомбінація між плазмідами. Ознаки бактерій, які контролюються плазмідами. Кон’югативні плазмід. Будова плазмід *E. coli*. Кон’югативні плазмід грампозитивних бактерій. Плазмід, що контролюють стійкість бактерій до антибактерійних агентів (R-плазмід). Плазмід, що контролюють синтез бактеріоцинів і токсинів. Плазмід біодеградації (D-плазмід). Sym-плазмід бульбочкових бактерій. Плазмід лактобактерій. Ti- та Ri-плазмід бактерій роду *Agrobacterium*. Механізм перенесення ДНК Ti-плазмід у клітини рослин. Плазмідні вектори для клонування. Косміди та фазміди. Їхнє використання як молекулярних векторних систем. Молекулярні вектори бактерій роду *Bacillus*. Використання плазмід *Corynebacterium glutamicum* як донорів генетичних елементів. Універсальні методи введення плазмід. IS-елементи і транспозони бактерій. Молекулярні механізми транспозиції. Реплікативна і нереплікативна транспозиція. Регуляція процесу транспозиції. Зміни геному мікроорганізмів, спричинені транспозуючими елементами. Горизонтальне перенесення генів і його роль в еволюції прокаріот.

**Редуплікації ДНК у прокаріот.** Напівконсервативний механізм редуплікації ДНК. Поняття реплікона та реплісоми. Реплікаційна “вилка”. Типи реплікації. Механізми біосинтезу ДНК. Роль матриці, дНТФ, утворення комплементарного продукту. Структура та послідовність утворення праймосоми. Роль ДНК-полімерази III в реплікації. Механізми копіювання відстаючого ланцюга. ДНК-лігази.

**Транскрипція у прокаріот.** Промотори і термінатори. Транскриптон. ДНК-залежні РНК-полімерази. Цикл ДНК-залежної транскрипції. Процесинг первинних транскриптів. Основні шляхи регулювання транскрипції. Регуляція транскрипції на рівні ініціації: білки-активатори, білки-репресори, сигма-фактор.

**Трансляція у прокаріот. Посттрансляційний контроль і модифікація білків.** Молекулярна організація рибосом прокаріот. Інформаційна РНК як матриця для синтезу білка. Механізм трансляції. Етапи біосинтезу білка: ініціація, елонгація і термінація трансляції. Особливості трансляції у прокаріот. Генетичний код. Посттрансляційна модифікація білків у бактерій: фосфорилування, S-тіювання, гідроксилювання, N-глікозилювання та ін. Нековалентна модифікація ферментативної активності та ковалентний процесинг білків. Аlostерична регуляція активності ферментів. Внутрішньоклітинна компартименталізація ферментів та інших білків у прокаріот.

**Генетична рекомбінація у мікроорганізмів. Кон’югація.** Поняття та значення генетичної рекомбінації у бактерій. Шляхи, що ведуть до генетичної рекомбінації у бактерій. Гетероталічність генетичного обміну у бактерій. Утворення мерозигот у процесах перенесення генетичної інформації у бактерій. Типи генетичної рекомбінації. Загальна рекомбінація (гомологічна рекомбінація). Сайт-специфічна рекомбінація. Утворення гетеродуплексної ділянки. Генна конверсія. Ензимний склад гетеродуплексної ділянки. Білок RecA і його роль у гомологічній рекомбінації. Роль нуклеаз Rec B, C та мульти-ферментного комплексу RecBCD у реалізації гомологічної рекомбінації. Розповсюдженість кон’югації серед бактерій. Вивчення природи статевого фактора *E. coli*. Hfr-донори. Взаємодія F-фактора з хромосомою *E. coli*. Сайти інтеграції – фактора в хромосомі *E. coli*. Ексцизія F-фактора. F'-фактори. Первинні та вторинні

F'-донори. Стабільність F<sup>+</sup> та F' донорів. Дослідження динаміки перенесення хромосомних маркерів у процесі кон'югації. Роль кон'югації в еволюції бактерій.

**Генетична трансформація у бактерій.** Відкриття генетичної трансформації у бактерій. Розповсюдженість природної трансформації серед бактерій. Роль генетичної трансформації в горизонтальному перенесенні генів. Характеристика стану компетентності бактерій. Гени, що контролюють компетентність грампозитивних бактерій (com-гени). Пептиди – фактори компетентності грампозитивних бактерій. Особливості стану компетентності у грамнегативних бактерій. Частота виникнення трансформантів. Трансформація плазмідною ДНК. Відмінність механізмів трансформації плазмідною та хромосомною ДНК. Генетична трансфекція бактерій фаговою ДНК. Штучні методи введення ДНК в клітини бактерій.

**Трансдукція.** Відкриття трансдукції. Схема трансдукційного досліду. Типи трансдукції: специфічна, неспецифічна (загальна), абортівна. Формування фагових частинок, що здійснюють специфічну трансдукцію. Зв'язок специфічної трансдукції з лізогенним станом бактерій. Частота виникнення трансдуктантів. Трансдукція плазмідної ДНК. Використання трансдукції в генетичному конструюванні. Роль трансдукції в мінливості й еволюції бактерій.

**Спадкова та неспадкова форми мінливості у прокаріот. Репарація у прокаріот. R-S-дисоціації бактерій.** Класифікація мутацій у прокаріот і механізми їхнього виникнення. Геномні та генні мутації. Мутації, які виникають у процесі реплікації ДНК. Індукований і спонтанний мутагенез. Гени-мутатори. Класифікація мутагенів хімічного походження. Класифікація фізичних мутагенних факторів. Механізм дії мутагенів на клітини прокаріот. Типи пошкоджень ДНК, які виникають за впливу хімічних і фізичних мутагенів. Типи репараційних систем прокаріот. Основні механізми роботи репараційних систем. Світлова репарація. Екцизійна репарація. Репарація неспарених основ. SOS-відповідь. Система індукованої репарації. Роль ферментів репарації N-глікозилаз, апуринової ендонуклеази, ферментів рекомбінаційного комплексу, ДНК-полімерази I, ДНК-лігази у процесах репарації пошкодженої ДНК. Молекулярний процес їхнього функціонування, зв'язок із мутаційним процесом.

**Об'єднані метаболічні мережі та шляхи передавання сигналів у прокаріот.** Метаболічні шляхи та їхня регуляція. Катаболітна репресія й інактивація (опосередкована продуктами розщеплення субстрату репресія генів та інактивація ферментів, задіяних у метаболізмі альтернативних до цього субстрату джерел). Анаболітна репресія й інактивація (репресія генів та інактивація ферментів біосинтетичного шляху кінцевим продуктом цього метаболічного шляху). Моделювання метаболічних мереж. Оперони. Модулоні. Методи дослідження загальних регуляторних мереж. Сенсорні системи рецепції.

**Класифікація антибіотиків. Види антибіотикорезистентності. Механізми антибіотикорезистентності.** Класифікація антибіотиків за хімічною структурою; за спрямованістю інгібуючої дії; за спектром дії. Механізми їх дії на клітини. Антибіотикорезистентність, її види. Основні фактори ризику виникнення набутої резистентності. Зміна хімічної структури мішені, на яку діє антибіотик. Інактивація антибіотика ферментами. Активне виведення антибіотика із мікробної клітини (ефлюкс). Зниження проникності для антибіотика клітинної мембрани бактерії. Формування метаболічного «шунта». Формування біоплівки.

## 7. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРАКТИЧНОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ

**Роль мікробіологічних досліджень у вирішенні важливих проблем людства.** Найгостріші та проблемні питання, які можна вирішувати за використання мікроорганізмів: біодеструкція та утилізація відходів, технології очищення води; створення стійких сортів рослин;

підвищення родючості ґрунтів; отримання природних біологічно активних сполук; засоби імунокорекції та імуностимуляції; отримання рекомбінантних білків терапевтичного значення; технологія мікробних заквасок. Найрезультативніші напрями: біотехнології отримання біопалива; діагностикуми; генно-інженерне одержання ліків, гормонів, біологічно-активних речовин; отримання ферментних препаратів для промисловості; мікробіальні пробіотики для потреб медицини та ветеринарії.

**Розвиток біотехнологій очищення довкілля від органічних відходів та токсичних металів за використання мікроорганізмів.** Закономірності зброджування органічних відходів з отриманням водню та детоксикації сполук металів, створення на основі термодинамічного прогнозу теоретичної моделі універсальної біотехнології знешкодження відходів та отримання із них цінних продуктів (енергоносії, чиста вода, концентрат металів). Комплексна біотехнологія знешкодження органічних відходів, токсичних металів та отримання енергоносіїв. Підходи до управління харчовими відходами та переробки поживних речовин за участі мікроорганізмів.

**Питання біобезпеки і біозахисту як одне з найважливіших для виживання людства.** Поняття «біобезпека» і «біозахист». Конвенція про біологічну і токсинну зброю. Загрози застосування біологічної зброї і біологічний тероризм. Дилема подвійного використання і обов'язки вчених. Управління біоризиками. Біологічна безпека у лабораторних умовах. Мікроорганізми – збудники небезпечних захворювань людини, тварин, рослин.

**Антимікробні препарати та стійкі до антибіотиків бактерії: ризик для навколишнього середовища та здоров'я населення.** Стійкі до антибіотиків бактерії. Види стійкості бактерій до антимікробних препаратів. Виділення залишків антибіотиків у навколишнє середовище та вплив на людину антимікробних препаратів і бактерій, стійких до антибіотиків. Залишки антибіотиків і антимікробна стійкість у сільському господарстві.

**Харчові технології та важливість мікробіологічної безпеки.** Основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. Харчові бактеріальні захворювання. Мікробіологічні критерії безпечності харчових продуктів.

**Інноваційні мікробні біотехнології для формування прибуткового рослинництва.** Проблеми відновлення родючості ґрунту. Захист рослин за допомогою біологічних препаратів. Підвищення стійкості рослин до стресів, підвищення урожаю та його якості за допомогою препаратів з використанням мікроорганізмів.

**Роль мікробіологічних досліджень у вирішенні енергетичних проблем людства.** Екзоелектрогенез. Мікробні паливні елементи. Біопаливо.

**Дріжджові моделі людських захворювань.** Збереження ключових клітинних процесів у еукаріотів. Пекарські дріжджі як модельні еукаріотичні організми. Дріжджі як вікно у розуміння гематопоетичних захворювань.

**Поняття інфекційних та соматичних захворювань крізь призму новітніх знань про мікробіом людини.** Мікробіота людини та приклади взаємодії. Основні сучасні методи дослідження мікробіоти.

## **8. ПРОМИСЛОВА МІКРОБІОЛОГІЯ**

**Вступ.** Історія розвитку промислової мікробіології. Важливість використання мікроорганізмів у різних галузях господарства. Розвиток традиційних мікробіологічних виробництв. Біоінженерія та перспективи її розвитку. Характеристика мікроорганізмів – продуцентів біологічно активних речовин.

**Вимоги до мікроорганізмів, які використовують у промисловості.** Види штамів для мікробіологічної промисловості і способи їх одержання. Особливості використання планктонних, біоплівкових, іммобілізованих мікроорганізмів. Способи підвищення біосинтезувальної здатності мікроорганізмів. Колекції та методи зберігання промислових культур. Галузі використання іммобілізованих ферментів. Біосенсори в промисловості. Перспективи застосування біосенсорів.

**Способи вирощування та параметри росту мікроорганізмів у промислових умовах.** Сировина для вирощування мікроорганізмів у виробничих масштабах. Способи стерилізації сировини та повітря. Загальна схема промислового виробництва. Схема одержання посівної культури мікроорганізмів. Види ферментерів для вирощування мікроорганізмів у промисловості. Параметри, за якими контролюють хід ферментації. Методи виділення та очищення кінцевих продуктів мікробіологічних виробництв. Товарні форми препаратів.

**Селекція промислових штамів мікроорганізмів.** Методи селекції промислових штамів прокариотичних і еукариотичних мікроорганізмів. Ступінчаста селекція та індукований мутагенез, здобутки і перспективи. Особливості конструювання біотехнологічних штамів. Клонування.

**Виробництво метаболітів мікроорганізмів.** Використання мікроорганізмів для виробництва вітамінів, каротиноїдів, амінокислот, ліпідів і схеми їх отримання. Виробництво полісахаридів, органічних кислот та розчинників за допомогою мікроорганізмів. Виробництво ферментів і ферментних препаратів з мікроорганізмів. Галузі застосування отриманих препаратів.

**Ензиматично активна біомаса і кормові добавки. Хлібопечіння.** Ензиматично активна біомаса. Морфологія, екологія, метаболізм дріжджів. Кілерні токсини, флокуляція. Промислові раси дріжджів. Схема дріжджового виробництва. Галузі використання хлібопекарських дріжджів. Хлібопечення. Виробництво хлібного квасу.

**Бродильні виробництва. Технології з використанням дріжджів.** Спиртове бродіння. Особливості спиртового бродіння за різних умов культивування.

Пивоваріння. Технологічні схеми отримання пива. Особливості дріжджів, які використовують в процесі пивоваріння. Контамінація виробництва та заходи запобігання.

Виноробство. Технологічні схеми отримання вина. Первинне і вторинне виноробство. Отримання ігристих вин. Особливості дріжджів, які використовують в цих процесах. Контамінація виробництва та заходи запобігання.

**Бродильні виробництва. Технології з використанням молочнокислих бактерій.** Технології отримання кисломолочних продуктів. Біохімічна характеристика сировини та підготовка до заквашування (нормалізація, пастеризація, стерилізація).

Технології отримання сичужних сирів. Контроль якості молока. Біохімічні перетворення, які відбуваються за час виготовлення сичужного сиру за дії сичужного ферменту та метаболізму молочнокислих і пропіоновокислих бактерій. Мікроорганізми бактеріальних заквасок та їхні особливості. Біологічне консервування в харчовій промисловості. Квашення овочів. Силосування кормів.

**Біопрепарати медичного призначення.** Критерії і класифікації антибіотиків. Антибіотики бактерійного і грибового походження. Антибіотики немедичного призначення: кормові, для захисту рослин та харчові. Вакцини і препарати бактеріофагів. Виробництво інсуліну, гормонів та інших лікувальних засобів за допомогою мікроорганізмів.

Пробіотики. Виробництво пробіотиків на основі молочнокислих бактерій.

**Біопрепарати сільськогосподарського призначення.** Бактерійні добрива та їх види. Виробництво бактеріальних добрив. Мікробні засоби захисту рослин. Препарати епіфітних мікроорганізмів як стимулятори росту рослин. Мікробіологічні методи боротьби з шкідниками та хворобами рослин. Мікробні препарати проти комах. Інсектициди грибкового, бактеріального і вірусного походження та їх виробництво. Мікробні препарати, які підвищують родючість ґрунту. Технологія отримання бактеріальних та грибних препаратів. Мікробні препарати проти гризунів.

**Біотехнології очищення. Біогаз.** Очисні споруди і методи контролю їх роботи. Типи очисних споруд та принципи їх роботи. Мікробіота очисних споруд. Виробництво біогазу. Роль мікроорганізмів у вилугуванні металів. Біоконвеєр. Способи очищення води, ґрунту та повітря за допомогою мікроорганізмів. Біопрепарати побутового призначення.

**Контроль виробництва.** Мікробіологічний контроль обладнання, сировини та готових продуктів. НАССРсистема безпечності харчових продуктів. Мікробіологічний контроль води та повітря виробничих приміщень, вимоги до них. Стандарти, вимоги та заходи GMP. Стандарти ISO. Види та способи дезінфекції на мікробіологічних виробництвах.

## 9. БІОГЕОХІМІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ

**Загальна геохімічна організація біосфери.** Біогеохімія. Предмет біогеохімії. Історія становлення біогеохімії. Хімічний склад земної кори. Різноманітність мінералів і магматичних гірських порід. Біогеохімія атмосфери Землі. Еволюція сучасної атмосфери. Роль мікроорганізмів у становленні складу атмосфери. Система гідросфери. Класифікація ґрунтових вод. Хімічний склад вод океанів і річок. Характеристика біогеохімічних процесів, які відбуваються в атмосфері за участю мікроорганізмів.

**Глобальні біогеохімічні цикли елементів.** Цикл карбону. Фіксація CO<sub>2</sub> автотрофними організмами з утворенням органічних сполук. Окиснення органічних сполук до вуглекислого газу. Перетворення органічних сполук карбону в ґрунтах. Етапи гумусоутворення в ґрунтах. Перетворення органічного карбону у водоймах. Утворення та розкладання нафти мікроорганізмами. Мікробіологічне утворення метану. Мікробне окиснення метану до вуглекислого газу. Цикл нітрогену. Амоніфікація. Нітрифікація. Денітрифікація. Азотфіксація. Анаеробне окиснення амонію. Особливості колообігу нітрогену у прісних водоймах й Світовому океані. Антропогенний вплив на колообіг нітрогену. Цикл сульфуру. Поширення сульфуру в природі. Мінералізація сульфуровмісних органічних сполук. Мікробне окиснення сполук сульфуру. Відновлення сульфуровмісних сполук мікроорганізмами. Антропогенний вплив на колообіг сульфуру. Цикл фосфору. Вивітрювання первинних фосфоровмісних мінералів. Асиміляція розчинних сполук фосфору мікроорганізмами. Мінералізація органічного фосфору. Осадження та утворення вторинних фосфоровмісних мінералів.

**Трансформування металів мікроорганізмами.** Мобілізація, асиміляція, іммобілізація й акумулювання металів. Цикли металів. Цикли феруму та мангану. Мікробіологічні перетворення ауруму й арсену. Мікробіологічні перетворення ауруму. Розчинення ауруму у складі мінералів мікроорганізмами. Мікробно індуковане осадження ауруму. Мікробіологічні перетворення арсену. Окиснення арсену (III) мікроорганізмами. Відновлення мікроорганізмами сполук арсену. Акумуляція та осадження арсену мікроорганізмами. Мікробіологічні перетворення меркурію. Колообіг меркурію за участю мікроорганізмів. Відновлення двовалентного меркурію до нетоксичного елементного стану мікроорганізмами.

**Утворення та деструкція мінералів мікроорганізмами.** Формування мінералів за участю мікроорганізмів. Мікробне трансформування силіцію. Перетворення карбонатів



мікроорганізмами. Руйнування мінералів і гірських порід мікроорганізмами. Руйнування бокситів. Деструкція карбонатів бактеріями і грибами. Руйнування оксалатів мікроорганізмами. Деструкція оксидів мікроорганізмами. Роль мікроорганізмів у руйнуванні та утворенні фосфатовмісних мінералів. Деструкція силікатів мікроорганізмами. Утворення та розкладання залізних і марганцевих руд. Утворення та деструкція сульфідних та марганцевих руд мікроорганізмами. Біомінералізація золота бактеріями.

**Біопшкодження як індикатор біогеохімічної діяльності мікроорганізмів.** Бактерії циклу сульфуру як чинник корозії металу. Механізми аеробної й анаеробної корозії. Роль сіркоокиснювальних і сульфатвідновлювальних бактерій у створенні екстремальних корозійних ситуацій. Сучасні уявлення про біокорозійну активність ґрунтів. Підходи до прогнозування корозійної ситуації у ґрунтовому середовищі. Методи інгібування та запобігання корозії. Стратегія вивчення мікробної корозії: біоплівка, її формування та функціонування. Екзополімери – основні чинники формування біоплівки. Мікробна корозія як результат взаємодії між біоплівкою та поверхнею металу. Біоплівка – головний чинник мікробної корозії. Мікробіологічні аспекти активного та пасивного захисту підземних споруд від мікробної корозії. Формування біоплівки на поверхні захисних покриттів.

**Біопшкодження виробів і матеріалів мікроорганізмами.** Біодеградація забруднюючих речовин мікроорганізмами. Роль мікроорганізмів у біодеградації органічних і неорганічних речовин. Чинники, що впливають на мікробну деградацію. Деградація речовин, виробів і матеріалів генетично модифікованими мікроорганізмами. Пошкодження матеріалів і виробів мікроорганізмами. Пошкодження деревини, волокон і тканин, шкіри, полімерних матеріалів бактеріями та грибами. Методи захисту виробів і матеріалів від мікроорганізмів-деструкторів. Методи дослідження бактеріо- та грибостійкості матеріалів.

**Біотехнології видобування металів.** Вилуговування металів. Вилуговування металів із сульфідних руд. Технологія бактеріального вилуговування металів. Вилучення металів зі силікатних матеріалів. Вилуговування алюмінію, мангану, самородного золота. Окиснення та відновлення металів мікроорганізмами. Мікробне осадження сульфідів металів. Біосорбція металів. Збагачення руд: видалення силіцію, флотаційне збагачення руд.

**Біоремедіація довкілля за участю мікроорганізмів.** Деструкція природних органічних речовин. Деструкція ксенобіотиків. Біологічні методи очищення стічних вод. Біоремедіація ґрунтів і ґрунтових вод. Використання реакторів сухого типу і пульпових реакторів для очищення ґрунту.

## 10. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УМІКРОБІОЛОГІЇ

**Наука й наукові дослідження у сучасному світі.** Визначення науки, її значимість для людства. Виникнення та еволюція науки. Класифікація наук. Теоретичні та методологічні принципи науки. Види та ознаки наукового дослідження. Методологія і методи наукових досліджень. Організація наукової діяльності в Україні.

**Академічна доброчесність.** Концепція академічної доброчесності. Сприяння академічній доброчесності під час викладання, наукового керівництва. Академічне письмо та доброчесність. Академічна доброчесність у оцінюванні.

**Технологія наукових досліджень.** Загальна характеристика процесів наукового дослідження. Формулювання теми наукового дослідження та визначення робочої гіпотези. Визначення мети, завдань, об'єкта й предмета дослідження. Виконання теоретичних і прикладних наукових досліджень.

**Експериментальне дослідження об'єктів. Пошук інформації.** Особливості експериментального дослідження об'єктів. Безпека праці під час виконання мікробіологічних

досліджень. Біобезпека і біозахист у процесі проведення мікробіологічних досліджень. Пошук інформації в процесі наукової роботи. Електронний пошук наукової інформації.

**Винахідництво. Реалізація результатів наукового дослідження.** Спільні риси й відмінності наукового відкриття, винаходу, раціоналізаторської пропозиції. Патентування винаходів і корисних моделей. Заходи з реалізації результатів наукового дослідження.

**Фінансування та оцінка ефективності наукових досліджень.** Матеріально-технічне та фінансове забезпечення наукових колективів. Оцінка ефективності наукових досліджень.

**Основи наукової етики.** Основні принципи та норми етики наукового товариства. Порушення наукової етики. Наукова етика в процесі оформлення публікацій. Документування досліджень і зберігання вихідних матеріалів. Науковий етикет. Етика взаємовідносин науки й суспільства.

**Оформлення результатів науково-дослідної роботи.** Звіт про виконану науково-дослідну роботу. Бібліографічний апарат наукових досліджень. Правила складання бібліографічного опису для списків літератури і джерел. Розташування бібліографічних описів у списках літератури. Правила наведення цитат і бібліографічних посилань у текстах наукових робіт.

**Робота над написанням наукових статей, монографій, наукових доповідей і повідомлень.** Види наукових публікацій. Наукова монографія. Наукова стаття. Тези наукової доповіді (повідомлення). Наукова доповідь (повідомлення). Правила оформлення публікацій. Основні наукометричні бази, індекс цитування авторів наукових статей у них та імпаکت-фактор журналів, що публікують наукові статті.

**Курсова робота магістра і кваліфікаційна (магістерська) робота.** Послідовність виконання. Підготовчий етап роботи. Робота над текстом. Оформлення. Підготовка до захисту й захист. Керівництво й рецензування курсових і кваліфікаційних робіт освітньо-кваліфікаційного рівня магістра.

## ШКАЛА ОЦІНКИ ЗНАНЬ

Оцінювання знань студента здійснюється за 100-бальною шкалою:

Оцінка ECTS	Оцінка в балах	За національною шкалою	
		Оцінка	
A	90-100	5	Відмінно
B	81-89	4	Дуже добре
C	71-80		Добре
D	61-70	3	Задовільно
E	51-60		Достатньо

## ЛІТЕРАТУРА

### Інтелектуальна власність і авторське право

1. Базилевич В. Д. Інтелектуальна власність: Підручник. 3-тє вид., переробл. і доповн. К. : Знання, 2014, 352 с.
2. Біологічні студії / *Studia Biologica*: керівництва для авторів [Електронний ресурс]. Ум. доступу:<http://publications.lnu.edu.ua/journals/index.php/biology/about/submissions#authorGuidelines>.
3. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Методологія і організація наукових досліджень: навч. посіб К.: Центр учбової літератури, 2014. 142 с.
4. Глущенко Н.В. До питання об'єктів та суб'єктів інтелектуальної власності у сфері медицини і біотехнологій. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Юридичні науки». 2017. № 3. Т. 1. С. 182–185.

5. Кузьмич І.І. Міжнародно-правові акти у сфері правової охорони інтелектуальної власності на біотехнології. Часопис Київського університету права. 2018. № 2. С. 219–226
6. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, В. К. Демидов. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 236 с.
7. Навчально-методичний посібник для практичних та семінарських занять із дисципліни «Інтелектуальна власність» для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форми навчання / Уклад. С. В. Надобко. Харків: ХДАДМ, 2019. 182 с.
8. Олефір А.О. До проблеми правової охорони біотехнологій. Теорія і практика інтелектуальної власності : наук.-практ. журн. / Н.-д. ін-т інтелектуальної власності Нац. акад. прав. наук України. Київ, 2015. № 1. С. 71–83
9. Основи методології та організації наукових досліджень: Навч. посіб. для студентів, курсантів, аспірантів і ад'юнктів / за ред. А. Є. Конверського. К.: Центр учбової літератури, 2010. 352 с.
10. Право інтелектуальної власності: Академічний курс: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / О. П. Орлюк, Г. О. Андрощук, О. Б. Бутнік-Сіверський та ін.; За ред. О. П. Орлюк, О. Д. Святоцького. Київ: Видавничий Дім «Ін Юре», 2007.
11. Рассоха І. М. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень». Х.: ХНАМГ, 2011. 76 с.
12. Сабалош В. І., Гасинець Я. С. Дипломна робота студента біологічного факультету: вимоги до структури й оформлення, критерії оцінювання (методичний посібник). – Ужгород, 2017. – 35с.
13. Семків В. О., Шандра Р. С. Інтелектуальна власність : підручник для студентів неюридичних факультетів. – Львів: Галицький друкар, 2015.
14. Харитонов О. І., Харитонов Є. О., Ківалова Т. С., Дмитришин В. С., Кулініч О. О. та ін. Право інтелектуальної власності : підручник. К. Юрінком Інтер. 2021. 540.
15. Яворська Л. С.,Тарасенко Л. Л., Мартин В. М.,Самагальська Ю.Я. та ін. Інтелектуальне право України.Тернопіль: Підручники і посібники, 2016. 609 с.
16. Husband, R.W., & Khaustov, A.A. (2004). A new species of Eutarsopolipus (Acari: Podapolipidae) from *Calathus fuscipes* (Coleoptera: Carabidae) from Ukraine. *International Journal of Acarology*, 30(4), 329–333. doi:10.1080/0164795040868440
17. Jenkins S.H. *Tools for Critical Thinking in Biology* / Stephen H. Jenkins. NY: Oxford University Press, 2015. 324 p.
18. Mohapatra A., Mohapatra P. *Research methodology: a handbook*. Gurgaon: Partridge India, 2014. 124 p.
19. Putchkov, A. (2011). Ground beetles of the Ukraine (Coleoptera, Carabidae). *ZooKeys*, 100, 503–515. doi:10.3897/zookeys.100.1545
20. Putchkov, A.V. (2013). Survey of carabid beetles of the tribe Nebriini (Coleoptera, Carabidae) of the fauna of Ukraine. *Entomological Review*, 93(5), 620–629. doi:10.1134/s0013873813050102
21. Патенти: Пат. 4601572 США, МКИ G 03 B 27/74. Microfilming system with zone controlled adaptive lighting / Wise David S. (США); McGraw-Hill Inc. N 721205; Заявл. 09.04.85; Опубл. 22.06.86; НКІ 355/68. 3 с.
22. Пат. 87443 Україна, МПК C02F 3/00, C02F 3/34, C02F 11/00, C02F 11/02, C02F 11/04. Спосіб очистки стічних вод від іонів кадмію мікроорганізмами / Гудзь С. П., Мороз О. М., Гнатуш С. О., Перетятко Т. Б., Василів О. М.; заявник і власник Львівський національний університет імені Івана Франка. № u201309505; Заявл. 29.07.2013; Опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3.
23. Конституція України від 26 червня 1996 р. № 254к/96-ВР. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

24. Про охорону прав на сорти рослин: Закон України № 3117-ХІІ від 21.04.1993 р. (поточна редакція 04.10.2018 р., підстава 2530-VIII, документ № 3116-ХІІ). URL: [https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3116-12\\_14](https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3116-12_14)
25. Про племінну справу у тваринництві : Закон України № 3773-ХІІ від 23.12.1993 р.
26. Про державну систему депонування штамів мікроорганізмів: постанова КМУ № 705 від 12.10.1994 р.
27. Міжнародна конвенція з охорони нових сортів рослин/№ 995\_с79 від 02.12.1961 р.
28. Directive 98/44/EC of the European Parliament and of the council on the legal protection of biotechnological inventions/ Document № 31998L0044, 06.07.1998. (OJL 213, 30.7.1998, p. 13–21)

### **Філософія біології**

1. <https://plato.stanford.edu/entries/biology-philosophy/>
2. <https://www.britannica.com/topic/philosophy-of-biology/Social-and-ethical-issues>
3. Philosophy of Biology // Internet Encyclopedia of Philosophy: A Peer-Reviewed Academic Recourse. - [www.iep.utm.edu/biology](http://www.iep.utm.edu/biology)
4. <https://philpapers.org/browse/philosophy-of-biology>

### **Проблемні питання сучасної біології**

1. Дубінін С. І., Пілюгін В.О., Ваценко А.В., Улановська-Циба Н.А., Передерій Н.О. Сучасні проблеми молекулярної біології. Підручник. Полтава, 2016. 395 с.
2. Основи глікобіології: монографія [Н.О. Сибірні, А.І. Шевцова, Г.О. Ушакова, І.В. Бродяк, І.Ю. Письменецька]; за ред. проф. Н. О. Сибірної. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 492 с.
3. Стойка Р.С. Методичні вказівки до навчального курсу “Методи клітинної біології”. Львівський державний університет, Львів, 1996. 79 с.
4. Фільченков О.О., Стойка Р.С. Апоптоз і рак: від теорії до практики. Тернопіль: УкрМедКнига. 2006. 524 с.
5. Angeli J.P.F., Shah R., Pratt D.A., Conrad M. Ferroptosis Inhibition: Mechanisms and Opportunities. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2017. 38(5). 489–498.
6. Cao J.Y., Dixon S.J. Mechanisms of ferroptosis. *Cell. Mol. Life Sci*. 2016. 73. 2195–2209.
7. Conrad M., Kagan V.E., Bayir H. et al. Regulation of lipid peroxidation and ferroptosis in diverse species. *Genes Dev*. 2018. 32. 602–619.
8. Cooper G. M. *The Cell. A Molecular Approach*. 2<sup>nd</sup> Edition. ASM Press, Sinauer Associates, Inc. 2000. 689 p.
9. Goldberg A. L. Protein degradation and protection against misfolded or damaged proteins. *Nature*. 2003. 426, N 6968. P. 895–899.
10. Hunter T. The age of crosstalk: phosphorylation, ubiquitination, and beyond. *Mol. Cell*. 2007. 28(5). P. 730–738.
11. Jankowski M., Broderick T.L., Gutkowska, J. The Role of Oxytocin in Cardiovascular Protection. *Frontiers in Psychology*. 2020. 11. 2139. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02139>
12. Karp G. *Cell and Molecular Biology. Concepts and Experiment*. 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley and Sons, Inc. 1999. New York et al., 816 p.
13. Kerem L., Lawson E.A. The Effects of Oxytocin on Appetite Regulation, Food Intake and Metabolism in Humans. *International J. Molecular Sciences*. 2021. 22(14), 7737. <https://doi.org/10.3390/ijms22147737>

14. Kucuksezer U.C., Ozdemir C., Cevhertas L., Ogulur I., Akdis M., Akdis C.A. Mechanisms of allergen-specific immunotherapy and allergen tolerance. *Allergology International*. 2020. doi:10.1016/j.alit.2020.08.002
15. Lee G.Y., Han S.N. The Role of Vitamin E in Immunity. *Nutrients*. 2018. 10(11):1614.
16. Lewin B. *Genes VII*. Oxford University Press. 2000. Oxford. 990 p.
17. Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., Abete P. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*. 2018. 13, 757–772. <https://doi.org/10.2147/cia.s158513>
18. Lodish H., Berk A., Zipursky S.L., Matsudaira P., Baltimore D., Darnell J. *Molecular Cell Biology*. 4<sup>th</sup> Edition. W.H. Freeman and Company. 2000. New York. 1084 p.
19. Lushchak V. I. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interactions*. 2014. 224. 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>
20. Magtanong L., Dixon S.J. Ferroptosis and Brain Injury. *Dev. Neurosci*. 2018. 40. 382–395.
21. Mascellino M.T., Di Timoteo F., De Angelis M., Oliva A. Overview of the Main Anti-SARS-CoV-2 Vaccines: Mechanism of Action, Efficacy and Safety. *Infect Drug Resist*. 2021. 14. 3459–3476.
22. Mendelsohn J., Howley P.M., Israel M.A., Liotta L.A. *The Molecular Basis of Cancer*. 2<sup>nd</sup> Edition. W.B. Saunders Company. 2001. Philadelphia et al. 691 p.
23. Niu J., Tong J., Blevins, J.E. Oxytocin as an Anti-obesity Treatment. *Frontiers in Neuroscience*. 2021. 15, 743546. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.743546>
24. Orłowski R.Z., Kuhn D.J. Proteasome inhibitors in cancer therapy: lessons from the first decade. *Clin. Cancer Res*. 2008. 14(6). P. 1649–1657.
25. Pickart C.M. Back to the future with ubiquitin. *Cell*. 2004. 116(2). P. 181–190.
26. Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., Squadrito F., Altavilla D., Bitto A. Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
27. Poprac P., Jomova K., Simunkova M., Kollar V., Rhodes C.J., Valko M. Targeting Free Radicals in Oxidative Stress-Related Human Diseases. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2017. 38(7). 592–607. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2017.04.005>
28. Rosini R., Nicchi S., Pizza M., Rappuoli R. Vaccines Against Antimicrobial Resistance. *Front Immunol*. 2020. 11: 1048.
29. Tang R., Xu Z. Gene therapy: a double-edged sword with great powers. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2020. doi:10.1007/s11010-020-03834-3
30. Wirth T., Parker N., Ylä-Herttuala S. History of gene therapy. *Gene*. 2013. 525(2), 162–169. doi:10.1016/j.gene.2013.03.137
31. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553112/>
32. <https://www.who.int/publications/m/item/recombinant-dna-annex-4-trs-no-987>
33. [http://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/en/](http://www.who.int/cardiovascular_diseases/en/)
34. <https://www.pdr.net/drug-summary/Fluvirin-influenza-virus-vaccine-452#:~:text=Mechanism%20of%20Action,which%20the%20vaccine%20was%20prepared>
35. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9963/>
36. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1002946/?page=2>
37. <http://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1602/zloyakisne-novoutvorennya>
38. <https://unci.org.ua/protyvopuhlynni-vaktsyny/>
39. <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/7104-diabetes-mellitus-an-overview>
40. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7791288/>
41. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1392256/>

42. <https://www.nature.com/scitable/topicpage/epigenetic-influences-and-disease-895/#>
43. <https://viva.clinic.ua/stati-vrachey/metabolicheskiy-sindrom-vzglyad-akusher-ginekologa/>
44. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4518692/>
45. <https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/oxytocin-the-love-hormone>
46. <https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-and-ecology-10-class-2018-standard-level/49.php>
47. <https://www.rheumatology.kiev.ua/wp/wp-content/uploads/magazine/8/150.pdf>
48. <https://www.csdlab.ua/analyzes/hipotalamo-hipofizarno-nadnyrnykova-systema/insulinopodibnyy-faktor-rostu-1-somatomedyn-s>

### **Біоінформатика**

1. Осташ Б.О. Біоінформатика: аналіз генетичних послідовностей. Електронний підручник. Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2022, 232 стор. ISBN978-617-10-0729-1. Доступ онлайн: <http://dspace.lnlibrary.lviv.ua/handle/123456789/169>
2. Allman ES, Rhodes JA. *Mathematical Models in Biology. An Introduction.* Cambridge University Press, Cambridge, 2003. 386 p.
3. *Bioinformatics: a practical guide to the analysis of genes and proteins, 2<sup>nd</sup> Ed / AD Baxevanis, BFF Ouellette.* – New York: John Wiley & Sons, 2001. – 455 p.
4. Borodovsky M, Ekisheva S. *Problems and Solutions in Biological Sequence Analysis.* Cambridge University Press, Cambridge, 2006. 362 p. ISBN-13 978-0-521-61230-2
5. Durbin R, Eddy S, Krogh A, Mitchison G. *Biological Sequence Analysis. Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids.* Cambridge University Press, Cambridge, 1998. 371 p. ISBN-13 978-0-521-62971-3
6. Higgs PG, Attwood TK. *Bioinformatics and Molecular Evolution.* Blackwell Publishing, Oxford, 2005. 398 p. ISBN 1-4051-0683-2.
7. Pevsner J. *Bioinformatics and functional genomics. 3<sup>rd</sup> edition.* Wiley Blackwell, London. – 2015-1116 p. ISBN 978-1-118-58178-0.

### **Метаболізм мікроорганізмів**

1. Гудзь С. П., Гнатуш С. О., Яворська Г. В., Білінська І. С., Борсукевич Б. М. *Практикум з мікробіології.* Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 436 с.
2. Козлова І. П., Радченко О. С., Степура Л. Г., Кондратюк Т. О. *Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти: Навч. посібник.* К.: Наук. думка, 2008. 528 с.
3. *Механізми біохімічних реакцій : навч. посіб. : [для студ. вищ. навч. закл.] / [Н. О. Сибірна, Г. Я. Гачкова, Г. О. Стасик, І. В. Бродяк, М. Р. Нагалєвська, М. В. Сабадашка, М. Я. Люта, Я. П. Чайка, Н. І. Климишин, К. П. Дудок] ; за ред. проф. Н.О. Сибірної.* Видання третє, доповнене. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 320 с. Серія «Біологічні Студії».
4. Філімоненко О.Ю. *Конспект лекцій з дисципліни «Біохімічні основи мікробного синтезу».* Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2016. 183 с.
5. *Genetics Meets Metabolomics: from Experiment to Systems Biology.* Ed. by Suhre K. Springer. 2012. 318 p.
6. Kumar Arora *Microorganisms for Sustainability.* Lucknow, Uttar Pradesh, India. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019. 362 p.
7. Kushkevych Ivan *Bacterial Physiology and Biochemistry.* Academic Press is an imprint of Elsevier. 2023. 382 p.

8. Palsson B. O. *Systems Biology. Constraint-based Reconstruction and Analysis*. Cambridge University Press. 2015. 531 p.
9. *The Handbook of Metabonomics and Metabolomics*. Ed. by Lindon J.C., Nicholson J.K. and Holmes E. Elsevier. 2007. 561 p.
10. Bajpai P. *Developments and Applications of Enzymes from Thermophilic Microorganisms*. Academic Press is an imprint of Elsevier. 2023. 302 p.
11. Yuan L, Chu B, Chen S, Li Y, Liu N, Zhu Y, Zhou D. Exopolysaccharides from *Bifidobacterium animalis* Ameliorate *Escherichia coli*-Induced IPEC-J2 Cell Damage via Inhibiting Apoptosis and Restoring Autophagy // *Microorganisms*. 2021. N 9(11). P. 2363. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112363>
12. Georg Häcker G. Is there, and should there be, apoptosis in bacteria? // *Microbes and Infection*, 2013, Vol. 15 (8–9). P.640-644.
13. Abbamondi, G.R.; Tommonaro, G. Research Progress and Hopeful Strategies of Application of Quorum Sensing in Food, Agriculture and Nanomedicine // *Microorganisms*, 2022, Vol. 10. P. 1192. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061192>
14. Feist A.M., Herrgård M.J., Thiele I., Reed J.L., Palsson B.O. Reconstruction of biochemical networks in microorganisms // *Nat Rev Microbiol.*, 2009;7(2):129-43. doi: 10.1038/nrmicro1949.
15. Ye C, Xu N, Chen X, Liu L. [Application of metabolic network model to analyze intracellular metabolism of industrial microorganisms]. *Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao*. 2019;35(10) 1901-1913. doi:10.13345/j.cjb.190257.

### **Молекулярна мікробіологія**

1. Гнатуш С.О., Масловська О.Д. Молекулярна мікробіологія: методичні вказівки для студентів біологічного факультету освітньо-професійної програми “Мікробіологія” спеціальності 091 “Біологія та біохімія”. Л.: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2023. 82 с.
2. Сиволоб А.В. Молекулярна біологія. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 384 с.
3. Столяр О.Б. Молекулярна біологія. Тернопіль: Підручники і посібники, 2014. 224 с.
4. Birge E. *Bacterial and bacteriophage genetics*. Springer: Science & Business Media, 2013. 559 p.
5. Chaudhari H. G., Prajapati S., Wardah Z. H. et al. Decoding the microbial universe with metagenomics: a brief insight // *Frontiers in Genetics*. 2023. Vol. 14. doi:10.3389/fgene.2023.1119740.
6. Chiu C. Y., Miller S. A. Clinical metagenomics // *Nature Reviews Genetics*. 2019. Vol. 20, № 6. P. 341–355. doi: 10.1038/s41576-019-0113-7.
7. Clark D., Pazdernik N., McGehee M. *Plasmids / Molecular Biology*. Third Edition. 2019. P. 712–748. doi: 10.1016/B978-0-12-813288-3.00023-9.
8. Etebu E., Ariekpar I. Antibiotics: classification and mechanisms of action with emphasis on molecular perspectives // *International Journal of Applied Microbiology and Biotechnology Research*. 2016. Vol. 4. P. 90–101.
9. Hinton D.M. Prokaryotic transcription / Editor(s): Ralph A. Bradshaw, Philip D. Stahl // *Encyclopedia of Cell Biology*. Academic Press. 2016. P. 468–480. doi: 10.1016/B978-0-12-394447-4.10049-5.
10. Hutchings M. I., Truman A. W., Wilkinson B. Antibiotics: past, present and future // *Current Opinion in Microbiology*. 2019. Vol. 51. P. 72–80. doi:10.1016/j.mib.2019.10.008.
11. Johnsberg O., Eldholm V., Havarstein L. Natural genetic transformation: prevalence, mechanisms and function // *Res. Microbiol.* 2007. Vol. 158. P. 767–778. doi:10.1016/j.resmic.2007.09.004

12. Liu C., Sun D., Zhu J., Liu W. Two-component signal transduction systems: a major strategy for connecting input stimuli to biofilm formation // *Front. Microbiol.* 2019. Vol. 9. № 3279. doi: 10.3389/fmicb.2018.03279.
13. Macek B., Forchhammer K., Hardouin J. et al. Protein post-translational modifications in bacteria // *Nat. Rev. Microbiol.* 2019. Vol. 17, № 11. P. 651–664. doi: 10.1038/s41579-019-0243-0.
14. Maloy S. Bacterial Genetics // *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*. 2013. P. 317–325. doi:10.1016/B978-0-12-384719-5.00431-7.
15. Merlich A., Korotaieva N. *Methods of DNA cloning and purification of proteins: manual for laboratory classes and independent work*. Odessa, 2022. 32 p.
16. Mohanta T., Bae H. The diversity of fungal genome // *Biol. Proc. Online*. 2015. Vol. 17, № 8. P. 1–9. doi: 10.1186/s12575-015-0020-z.
17. Shintani M., Sanchez Z., Kimbara K. Genomics of microbial plasmids: classification and identification based on replication and transfer systems and host taxonomy. *Front Microbiol.* 2015 Vol. 6, № 242. doi: 10.3389/fmicb.2015.00242.
18. Streips U., Yasbin R. *Modern microbial genetics*. Second Edition. Wiley-Liss, Inc., 2002. 655 p.
19. Wettstadt S., Llamas M. A. Role of regulated proteolysis in the communication of bacteria with the environment // *Front. Mol. Biosci.* 2020. Vol. 7, 586497. doi: 10.3389/fmolb.2020.586497.

#### **Актуальні питання практичної мікробіології**

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7189961/>
2. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111699>
3. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.05.042>
4. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12051>
5. <https://visnyk-nanu.org.ua/ojs/index.php/v/article/view/2455/2472>
6. <https://erem.ktu.lt/index.php/erem/article/view/20723>
7. <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2017/2370927/>
8. <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/3/911>
9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.030>
10. <https://geneva.mfa.gov.ua/posolstvo/2601-conventional-bodies>
11. <https://disarmament.unoda.org/biological-weapons/about/history/>
12. Салига Ю. Т., Лучка І. В., Росаловський В. П. *Основи біобезпеки*. Львів, 2017. 210 с.
13. <https://doi.org/10.3390/w12123313>
14. <https://council.science/uk/events/food-science-technology-nutrition-sustainable-planet-health/>
15. [10.1371/journal.pmed.1001923](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001923)
16. DOI: [10.1371/journal.pmed.1001921](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001921)
17. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091666>
18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.610065>
19. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606454>
20. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.55-63>
21. [https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2019/12/tezy-dudus-28\\_11\\_-2019-dopovнено\\_compressed.pdf](https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2019/12/tezy-dudus-28_11_-2019-dopovнено_compressed.pdf)
22. <https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/biosecurity/animals/diseases/guide>
23. Etebu E., Arikekpar I. Antibiotics: classification and mechanisms of action with emphasis on molecular perspectives // *International Journal of Applied Microbiology and Biotechnology Research*. 2016. Vol. 4. P.90-101



24. Dugassa J., Shukuri N. Review on antibiotic resistance and its mechanism of development review on antibiotic resistance and its mechanism of development // Journal of Health, Health, Medicine and Nursing. 2017. Vol. 1., Is. 3, № 1. P. 1–17.
25. <https://doi.org/10.3390/cells9030579>
26. Медична мікробіологія, вірусологія та імунологія / за ред. В. П. Широкова. Вінниця: Нова книга, 2011. 952 с.
27. Медична мікробіологія. Посібник з мікробних інфекцій: патогенез, імунітет, лабораторна діагностика та контроль: пер. 19-го англ. вид. : у 2 томах. / за ред. Барера М., Ірвінга В., Свонна Е., Перери Н. Київ: ВСВ «Медицина», 2020.
28. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.152>
29. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.030>
30. Doi: 10.1186/s40169-019-0232-y

### **Промислова мікробіологія**

1. Яворська Г. В., Гудзь С. П., Гнатуш С. О. Промислова мікробіологія. Навч. посібник. Львів, 2008. 256 с.
2. Пирог Т. П., Решетняк Л. Р., Поводзинський В. М., Грегірчак Н. М. Мікробіологія харчових виробництв. Вінниця: Нова Книга, 2007. 464 с.
3. Буценко Л. М., Пенчук Ю. М., Пирог Т. П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів: Навч. посіб. К.: НУХТ, 2010. 323 с.
4. Мельничук М. Д. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник/ М.Д. Мельничук, О. Л. Кляченко, В. В. Бородай, Ю. В. Коломієць. Київ: ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 252 с.
5. Марко Де Нарді Концепції та методи для забезпечення безпечності харчових продуктів <https://qftp.org/wp-content/archive/ukr/1-22-U~1.PDF>
6. Bajpai P. Developments and Applications of Enzymes from Thermophilic Microorganisms. Academic Press is an imprint of Elsevier. 2023. 302 p.
7. David J., Beale Konstantinos A., Kouremenos Enzo A., Editors P. Microbial Metabolomics Applications in Clinical, Environmental, and Industrial Microbiology. Springer International Publishing. Switzerland, 2016. 324 p.
8. Yavorska H. V., Vorobets N. M., Yavorska N. Y., Fafula R. V. Screening of anticandidal activity of *Vaccinium corymbosum* shots' extracts and content of polyphenolic compounds during seasonal variation // Studia Biologica, 2023. 17(1): 3–18. <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.1701.699>
9. Santosh M. G., Mishra K. Microbiological environmental monitoring in food processing // Indian Food Industry Mag, 2021. Vol 3 No 2, P.45-56.
10. Compendium of Microbiological Criteria for Food, 2022. 82 p.
11. Malhotra B. D., Pandey C. M. Biosensors: Fundamentals and Applications. Smithers Information Ltd., 2017. 272p.
12. Yim, S.S., Choi, J.W., Lee, Y.J. *et al.* Rapid combinatorial rewiring of metabolic networks for enhanced poly(3-hydroxybutyrate) production in *Corynebacterium glutamicum* // Microb. Cell Fact., 2023, N 29. <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02037>
13. Ye C, Xu N, Chen X, Liu L. [Application of metabolic network model to analyze intracellular metabolism of industrial microorganisms]. Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao. 2019. N35(10). P. 1901–1913. doi:10.13345/j.cjb.190257.
14. Michael J., Neil L. Rockey S., Highton G. Industrial Microbiology: An Introduction, 2001. 302 с.
15. Photis Papademas Dairy microbiology : a practical approach. CRC, Taylor and Francis: Boca Raton, 2015. 254 p.

## **Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів**

1. Андреюк К. І., Козлова І. П., Коптева Ж. П. та ін. Мікробна корозія підземних споруд. К.: Наукова думка, 2005. 259 с.
2. Білоніжка П. Геохімія біосфери: монографія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 182 с.
3. Верхоляк Н. С., Перетятко Т. Б. Використання ароматичних сполук бактеріями. I. Аеробна й анаеробна деструкція // Біологічні Студії / *Studia Biologica*. 2018. Т. 12, № 2. С. 135–156.
4. Гудзь С. П., Гнатуш С. О., Білінська І. С. Мікробіологія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 360 с.
5. Козлова І. П., Радченко О. С., Степура Л. Г. та ін. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти. К.: Наукова думка, 2008. 528 с.
6. Перетятко Т. Б. Біогеохімічна діяльність мікроорганізмів: методичні вказівки для студентів спеціальності 091 – Біологія. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2019. 32 с.
7. Ayilara M. S., Babalola O. O. Bioremediation of environmental wastes: the role of microorganisms // *Front. Agron.* 2023. Vol. 5. 1183691.
8. Bala S., Garg D., Thirumalesh B. V. et al. Recent strategies for bioremediation of emerging pollutants: a review for a green and sustainable environment // *Toxics*. 2022. Vol. 10. 484.
9. Fenchel T., King G. M., Blackburn T. H. *Bacterial biogeochemistry*. 3<sup>rd</sup> edition. Academic Press is an imprint of Elsevier, 2012. 303 p.
10. Gadd G. M. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation // *Microbiology*. 2010. Vol. 156. P. 609–643.
11. Meng S., Peng T., Liu X. et al. Ecological role of bacteria involved in the biogeochemical cycles of mangroves based on functional genes detected through GeoChip 5.0 // *mSphere*. 2022. Vol. 7, N 1. e00936-21.
12. Ortiz-Castillo J. E., Mirazimi M., Mohammadi M. et al. The role of microorganisms in the formation, dissolution, and transformation of secondary minerals in mine rock and drainage: a review // *Minerals*. 2021. Vol. 11. 1349.
13. Schlesinger W. H., Bernhardt E. S. *Biogeochemistry: an analysis of global change*. 3<sup>rd</sup> edition. Academic Press is an imprint of Elsevier, 2013. 63 p.
14. Zhang X., Wu K., Han Z. et al. Microbial diversity and biogeochemical cycling potential in deep-sea sediments associated with seamount, trench, and cold seep ecosystems // *Front Microbiol.* 2022. Vol. 13. 1029564.
15. Борецька М. О., Козлова І. П. Біоплівка на поверхні металу як фактор мікробної корозії // *Мікробіол. журн.* 2010. Т. 72, № 3. С. 57–65.
16. Галушка А., Перетятко Т., Гудзь С. Бактерії циклу сірки та їх роль у природі // *Вісник Львів. ун-ту. Серія біол.* 2007. Вип. 43. С. 61–77.
17. Перетятко Т. Б., Галушка А. А., Гудзь С. П. Використання металів як кінцевих акцепторів електронів сульфатвідновлювальними бактеріями // *Біологічні студії*. 2009. Т. 3, № 3. С. 141–158.
18. Abatenh E., Gizaw B., Tsegaye Z. et al. The role of microorganisms in bioremediation // *Open. J. Environ. Biol.* 2017. Vol. 2, N 1. P. 38–46.
19. Camacho A., Walter X. A., Mozo A. P. Photoferrotrophy: remains of an ancient photosynthesis in modern environments // *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. 323.
20. Dang Y. T. H., Power A., Cozzolino D. et al. Analytical characterisation of material corrosion by biofilms // *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*. 2022. Vol. 8. 50.

21. Embacher J., Zeilinger S., Kirchmair M. et al. Wood decay fungi and their bacterial interaction partners in the built environment – a systematic review on fungal bacteria interactions in dead wood and timber // *Fungal Biology Reviews*. 2023. Vol. 45. 100305.
22. Filote C., Ros M., Simion I. M. et al. Continuous systems bioremediation of wastewaters loaded with heavy metals using microorganisms // *Processes*. 2022. Vol. 10. 1758.
23. Fitzgerald W. F., Lamborg C. H. Geochemistry of mercury in the environment // *Earth Systems and Environmental Sciences*. 2014. Vol. 11. P. 91–129.
24. Johnson J. E., Webb S. M., Ma C. et al. Manganese mineralogy and diagenesis in the sedimentary rock record // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2016. Vol. 173. P. 210–231.
25. Loken L. C., Small G. E., Finlay J. C. et al. Nitrogen cycling in a freshwater estuary // *Biogeochemistry*. 2016. Vol. 127. P. 199–216.
26. Mohanan N., Montazer Z., Sharma P. K. et al. Microbial and enzymatic degradation of synthetic plastics // *Frontiers in Microbiology*. 2020. Vol. 11. 580709.
27. Pal M. K., Lavanya M. Microbial influenced corrosion: understanding bioadhesion and biofilm formation // *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*. 2022. Vol. 8. 76.
28. Pande V., Pandey S. C., Sati D. et al. Microbial interventions in bioremediation of heavy metal contaminants in agroecosystem // *Front. Microbiol.* 2022. Vol. 13. 824084.
29. Polutrenko M., Kryzhanivskiy Y., Pilyashenko-Novohatnyi A., Peretyatko T. The main aspects of microbiological protection of underground oil- and gas pipelines // *Journal of Hydrocarbon Power Engineering*. 2014. Vol. 1, N 1. P. 21–29.
30. Wang Y., Zhang R., Duan J. et al. Extracellular polymeric substances and biocorrosion/biofouling: recent advances and future perspectives // *Int. J. Mol. Sci.* 2022. Vol. 23. 5566.
31. Ward B. The global nitrogen cycle / *Fundamentals of Geobiology*. First Edition 2012. C. 36–48.
32. Wu B., Liub F., Fang W. et al. Microbial sulfur metabolism and environmental implications // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 15. 778.

### **Методологія наукових досліджень у мікробіології**

1. Академічна доброчесність [Електронний ресурс] // Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти. URL: <https://naqa.gov.ua/академічна-доброчесність>.
2. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Методологія і організація наукових досліджень: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2014. 142 с.
3. Гнатуш С. О., Галушка А. А. Методичні вказівки до вивчення курсу “Методологія наукових досліджень у мікробіології” для студентів біологічного факультету спеціальності 091 – “Біологія”. Л.: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2018. 43 с.
4. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання: чинний з 22.06.2015. К.: ДП “УкрНДНЦ”, 2016. 26 с.
5. ДСТУ 8302:2015 “Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання”.
6. ДСТУ ГОСТ 7.1-2006. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання: чинний з 2007-07-01. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 47 с.
7. Михайлов В. М., Попова Л. О., Чуйко О. М. та ін. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посібник. Х.: ХДУХТ, 2014. 220 с.
8. Мокін Б. І., Мокін О. Б. Методологія та організація наукових досліджень. Вінниця: ВНТУ, 2014. 180 с.
9. Основи методології та організації наукових досліджень: Навч. посіб. для студентів, курсантів, аспірантів і ад’юнтів / за ред. А. Є. Конверського. К.: Центр учбової літератури, 2010. 352 с.
10. Biosystems diversity [Electronic resource]. URL: <https://ecology.dp.ua/index.php/ECO>.

11. Mishra S. B., Alok S. Handbook of research methodology: a compendium for scholars & researchers. Dwarka: Educreation Publishing, 2017. 160 p.
12. Research methods handbook. GO-GN, 2020. 79 p.