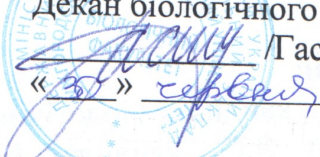



ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА БОТАНІКИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Декан біологічного факультету  
 /Гасинець Я.С./  
« 30 » серпня 2025 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 14 АТЕСТАЦІЙНИЙ ІСПИТ

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	Е Природничі науки, математика та статистика
Спеціальність	Е1 Біологія та біохімія
Освітньо-професійна програма	Біоінформатика
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Ужгород 2025

Робоча програма «Атестаційного іспиту» для здобувачів вищої освіти галузі знань **Е Природничі науки, математика та статистика** спеціальності **Е1 Біологія та біохімія** освітньо-професійної програми «**Біоінформатика**».

**Розробники:**

Кіш Р.Я., кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки;

Гасинець Я.С., кандидат біологічних наук, доцент, декан біологічного факультету;

Симочко В.В., кандидат біологічних наук, доцент, зав. кафедрою плодощовніництва і виноградарства;

Вакерич М.М., кандидат біологічних наук, доцент, зав. кафедрою генетики, фізіології рослин і мікробіології;

Мірутенко В.В., кандидат біологічних наук, доцент, зав. кафедрою ентомології та збереження біорізноманіття;

Куртяк Ф.Ф., кандидат біологічних наук, доцент, зав. кафедрою зоології.

Схвалено науково-методичною комісією біологічного факультету

протокол № 8 від «27» серпня 2025 р.

Голова науково-методичної комісії  Гамор А.Ф.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 1,5	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 45	2	2
Кількість модулів –	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання:	3	3
аудиторних –	Лекції:	
самостійної роботи студента – 30		
Індивідуальна робота студента – 15	Практичні (семінарські):	
Вид підсумкового контролю: захист	Індивідуальна робота	
	30	15
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	15	30

## 2. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Атестація здобувачів вищої освіти передбачає встановлення відповідності засвоєних здобувачами вищої освіти рівня та обсягу знань, умінь, інших компетентностей вимогам стандартів вищої освіти.

Здійснення атестації здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти в ДВНЗ «Ужгородський національний університет» регламентується наступними нормативно правовими документами:

1. Стандарт вищої освіти України для другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 091 Біологія затверджений та введений в дію наказом Міністерства освіти і науки України № 1458 від 21.11.2019 р. та Постановою Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої та фахової передвищої освіти» № 1021 від 30 серпня 2024 року.

2. Освітньо-професійна програма «Біоінформатика» другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю Е1 Біологія та біохімія галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика. Кваліфікація: Магістр з біології та біохімії, затверджена Вченою Радою ДВНЗ «Ужгородський національний університет», протокол № 7 від 30.06.2025 р.

3. Положення про організацію освітнього процесу в ДВНЗ «Ужгородський національний університет», затверджене Вченою Радою ДВНЗ «Ужгородський національний університет», протокол № 9 від 22.12.2020 р.

4. Положення про атестацію здобувачів вищої освіти та екзаменаційну комісію в ДВНЗ «Ужгородський національний університет», затверджене Наказом ректора ДВНЗ «Ужгородський національний університет», №519/01-17 від 04.03.2015 р.

Основним завданням підготовки магістрів у сфері біоінформатики є формування висококваліфікованих, конкурентоспроможних фахівців, здатних працювати в галузі біологічної науки, біомедицини та інформаційних технологій з широкими можливостями працевлаштування. Магістр з біоінформатики має бути підготовлений до здійснення науково-дослідної, проектної та освітньої діяльності, що вимагає ґрунтовних знань у галузі біології, інформатики та математичного моделювання, а також володіння сучасними методами аналізу біологічних даних, алгоритмами й програмними засобами. Він повинен уміти застосовувати технології обробки великих даних, геномного аналізу, розробляти та оптимізувати біоінформатичні інструменти, бути здатним до організації роботи дослідницьких груп і інтеграції міждисциплінарних знань.

Оскільки освітньо-професійна програма орієнтована на здобуття студентами професійних знань, умінь, навичок та інших компетентностей для успішного здійснення професійної діяльності, атестаційний іспит передбачає перевірку знань у сфері біоінформатики. Зокрема, це знання загальних закономірностей організації та функціонування біологічних систем різних рівнів, принципів зберігання, аналізу й інтерпретації біологічних даних; володіння методами статистичного аналізу та обробки великих масивів даних;

уміння застосовувати сучасні програмні інструменти для геномного та інших видів аналізу.

Крім того, іспит перевіряє здатність здобувачів застосовувати біоінформатичні методи для аналізу біорізноманіття та еволюційних процесів, розробляти й впроваджувати алгоритми для досліджень у біології, медицині та біотехнологіях, здійснювати моніторинг і інтерпретацію стану біологічних систем на основі великих масивів даних з подальшим використанням результатів у науці, виробництві та соціальній сфері.

**Студент-випускник під час атестаційного іспиту повинен продемонструвати:**

- глибоке розуміння теоретичних і наукових основ біології та інформатики;
- володіння класичною та сучасною біологічною й біоінформатичною термінологією;
- уміння аналізувати функціонування біологічних систем різного рівня організації з використанням математичних і комп'ютерних методів;
- здатність до обробки, візуалізації та інтерпретації біологічних даних на різних рівнях їх організації.

**Метою атестаційного іспиту** у здобувачів вищої освіти за спеціальністю Е1 Біологія та біохімія є встановлення рівня наступних компетентностей випускника та відповідності програмних результатів навчання:

**Загальні компетентності:**

**ЗК–01.** Здатність працювати у міжнародному контексті.

**ЗК–02.** Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

**ЗК–03.** Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

**ЗК–04.** Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).

**ЗК–05.** Здатність розробляти та керувати проектами.

**ЗК–06.** Здатність проведення досліджень на відповідному рівні

**Фахові (спеціальні) компетентності:**

**ФК–01.** Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.

**ФК–02.** Здатність формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів на прикладі різних рівнів організації живого із використанням математичних методів й інформаційних технологій.

**ФК–03.** Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.

**ФК–04.** Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.

**ФК–05.** Здатність планувати і виконувати експериментальні роботи з використанням сучасних методів та обладнання.

**ФК–07.** Здатність діагностувати стан біологічних систем за результатами дослідження організмів різних рівнів організації.

**ФК–08.** Здатність презентувати та обговорювати результати наукових і прикладних досліджень, готувати наукові публікації, брати участь у наукових конференціях та інших заходах.

**ФК–09.** Здатність застосовувати законодавство про авторське право для потреб практичної діяльності.

**ФК–10.** Здатність використовувати результати наукового пошуку в практичній діяльності.

## **2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ**

Передумовами проходження освітньої компоненти «Атестаційний іспит» є опанування таких навчальних компонент (ОК) освітньої програми (ОП):

ОК2 – Сучасна методологія біологічних досліджень із основами інтелектуальної власності

ОК 3 – Основи біоінформатики

ОК 4 – Біостатистика та аналіз даних

ОК 5 – Біологічні бази даних

ОК 6 – Технології секвенування та генотипування

ОК 7 – Генетика людини з основами медичної генетики

ОК 8 – Вступ до геномної біології

ОК 9 – Популяційна біологія та генетика

ОК 10 – Основи молекулярної філогенетики

## **3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ**

Відповідно до освітньо-професійної програми «Біоінформатика» виконання освітньої компоненти «Атестаційний іспит» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для спілкування з професійних питань та презентації результатів власних досліджень.	ПРН-01
Використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет ресурси для пошуку необхідної інформації.	ПРН-02
Здійснювати злагоджену роботу на результат у колективі з урахуванням суспільних, державних і виробничих інтересів.	ПРН-03
Аналізувати та оцінювати вплив досягнень біології на розвиток суспільства.	ПРН-05
Описувати й аналізувати принципи структурно-функціональної організації, механізмів регуляції та адаптації організмів до впливу	ПРН-07

різних чинників.	
Планувати наукові дослідження, обирати ефективні методи дослідження та їх матеріальне забезпечення.	ПРН-09
Представляти результати наукової роботи письмово (у вигляді звіту, наукових публікацій тощо) та усно (у формі доповідей та захисту звіту) з використанням сучасних технологій, аргументувати свою позицію в науковій дискусії.	ПРН-10
Проводити статистичну обробку, аналіз та узагальнення отриманих експериментальних даних із використанням програмних засобів та сучасних інформаційних технологій.	ПРН-11
Дотримуватися основних правил біологічної етики, біобезпеки, біозахисту, оцінювати ризики застосування новітніх біологічних, біотехнологічних і медико-біологічних методів та технологій, визначати потенційно небезпечні організми чи виробничі процеси, що можуть створювати загрозу виникнення надзвичайних ситуацій.	ПРН-13
Дотримуватись норм академічної доброчесності під час навчання та провадження наукової діяльності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності.	ПРН-14
Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.	ПРН-16

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після здачі «Атестаційного іспиту»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Володіти державною та принаймні однією іноземною мовою на рівні, достатньому для читання наукових джерел, спілкування з колегами, участі у міжнародних конференціях, а також для підготовки та презентації власних досліджень.	ПРН-01
Ефективно знаходити, відбирати та використовувати наукову інформацію з бібліотек, наукових баз даних та інтернет-ресурсів для розв'язання дослідницьких задач.	ПРН-02
Вміти працювати у команді, взаємодіяти з іншими учасниками проекту, враховуючи соціальні, державні та виробничі інтереси, орієнтуючись на спільний результат.	ПРН-03
Вміти аналізувати досягнення сучасної біології, критично оцінювати їхній вплив на суспільство та формулювати прогнози щодо подальшого розвитку науки.	ПРН-05
Описувати структурно-функціональну організацію біологічних систем, пояснювати механізми їх регуляції, адаптації до дії чинників середовища.	ПРН-07
Планувати наукові дослідження, визначати мету, завдання, методи та ресурси дослідження відповідно до сучасного рівня біологічної науки.	ПРН-09

Знати основні правила і вимоги при написанні звітів, наукових публікацій та вміти представляти результати власних досліджень як усно так і у письмовому вигляді. використовуючи сучасні технології. В науковій дискусії вміти логічно аргументувати свою точку зору.	ПРН-10
Вміти готувати наукові звіти, статті, тези, презентації; проводити усні доповіді та захищати результати досліджень, аргументуючи свою позицію з використанням сучасних технологій.	ПРН-11
Дотримуватися принципів біобезпеки, біоетики та біозахисту, вміє виявляти потенційні ризики застосування новітніх біологічних технологій і пропонувати шляхи їх мінімізації.	ПРН-13
Вміти демонструвати розуміння норм академічної доброчесності, дотримується етичних принципів під час навчання та досліджень, знає основи захисту інтелектуальної власності.	ПРН-14
Вміти критично осмислювати та інтегрувати знання з різних галузей біології для вирішення прикладних і наукових проблем у професійній діяльності.	ПРН-16

### **3. ПРОГРАМА АТЕСТАЦІЙНОГО ІСПИТУ**

Програма атестаційного іспиту складається з навчальних дисциплін обов'язкового компоненту освітньо-професійної програми: Сучасна методологія біологічних досліджень із основами інтелектуальної власності, Основи біоінформатики, Біостатистика та аналіз даних, Біологічні бази даних, Технології секвенування та генотипування, Генетика людини з основами медичної генетики, Вступ до геномної біології, Популяційна біологія та генетика, Основи молекулярної філогенетики.

#### **СУЧАСНА МЕТОДОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ІЗ ОСНОВАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ**

##### **Програма**

Методологія наукових досліджень. Наука як дослідження. Сутність наукового дослідження. Види наукових досліджень.

Методи та методологія наукового дослідження.

Методологічні проблеми нелінійного природознавства як феномену постнекласичної науки.

Організація та проведення біологічних наукових досліджень та основи інтелектуальної власності.

Методологічна та методична частини наукового дослідження. Особливості організації та проведення біологічного експерименту.

Поняття інтелектуальної власності.

Авторське право і суміжні права.

Організація науки в Україні. Наукові та педагогічні кадри.

Особливості формулювання теми наукових досліджень біологічного спрямування. Формулювання мети, задач дослідження, визначення об'єкта і предмета дослідження.

Пошук наукової інформації. Наукометричні бази даних та основні наукові електронні ресурси.

Основні правила оформлення наукової публікації. Представлення наукових результатів.

Права та обов'язки власників прав інтелектуальної власності та інших учасників авторсько-правових відносин. Правила укладання договорів щодо об'єктів інтелектуальної власності.

##### **Рекомендована література**

1. Базилевич В.Д. Інтелектуальна власність: підручник /В.Д. Базилевич .-3-те вид, перероб. та допов.-К:Знання,2014 .-671 с.
2. Добронравова І.С., Білоус Т.М., Комар О.В. Новітня західна філософія науки. Підручник. К., 2008..

3. Добронравова І.С., Сидоренко Л.І. Філософія та методологія науки. Київ, 2008. Режим доступу: <http://www.philsci.univ.kiev.ua/biblio/index.html>.
4. Інтелектуальна власність в Україні: збірник законодавчих і нормативних актів : (офіційний текст) .-Київ:Паливода А.В.,2015 .-208 с.
5. Кодинець А. О. Право на засоби індивідуалізації учасників цивільного обороту, товарів і послуг у цивільному праві України: монографія / А. О. Кодинець. К. : ВПЦ “Київський університет”, 2007 - 312 с.
6. Немеш П.Ф. Правова охорона торговельних марок в Україні та країнах Центральної і Східної Європи: монографія/ П.Ф. Немеш.-Ужгород: ІВА, 2010. – 278 с.
7. Основи інтелектуальної власності: навчальний посібник// за заг. ред. О.П. Орлюк. - К.: Інтерсервіс, 2016. - 382 с., С.55-70.
8. 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.
9. Харитонова О. І. Правовідносини інтелектуальної власності, що виникають внаслідок створення результатів творчої діяльності : монографія / О. І. Харитонова. Одеса : Фенікс, 2011. - 346 с.
10. Цивільне право України: Підручник: У 2-х кн. Загальна частина / За ред. О. В. Дзери, Н. С. Кузнецової, Р. А. Майданика. - 3-тє вид., переоб. і доп. - К. : Юрінком Інтер, 2010 - 976 с.
11. Чуйко В.Л. Рефлексія основоположень методологій філософії науки: К.,2000
12. Шляхи удосконалення правової охорони та захисту об'єктів промислової власності в Україні: аналіз, пропозиції : монографія / кол. авторів, за заг. ред. д.ю.н. Орлюк О. П. - К. : ТОВ «Лазурит-Поліграф», 2009. - 132 с.

# ОСНОВИ БІОІНФОРМАТИКИ

## Програма

Вступ до біоінформатики та Python. Основи біоінформатики. Основні біологічні бази даних. Вступ до програмування. Принципи оформлення програми. Прості типи величин у Python. Робота з файлами.

Списки. Словники. Цикли. Умовні оператори. Функції.

Основи об'єктно орієнтованого програмування. Об'єкти. Класи. Методи. Успадкування. Поліморфізм. Перевантаження методів.

Основи функціонального підходу до програмування. Лямбда функції. Функції: map, filter, sorted, reduce. Генератори.

Основи роботи з NumPy. Масиви. Лінійна алгебра. Статистичні розподіли.

Основи роботи з Matplotlib. Вибір гамми кольорів. Line chart, bar chart, radar chart, scatter plot, heatmap.

Pandas та Seaborn. Формати даних. Основи роботи з даними за допомогою Pandas. DataFrame. Основи статистичного аналізу та візуалізації з Seaborn

Основи BioPython. Огляд можливостей BioPython. Робота з послідовностями. Підключення та пошук у біологічних базах даних.

Вирівнювання послідовностей. Попарне вирівнювання послідовностей. Множинне вирівнювання послідовностей. Візуалізація та Інтерпретація результатів

Blast. Можливості Blast. Основи роботи з Blast.

## Рекомендована література

1. «Основи Біоінформатики», В.М. Попов, С.В. Лиманська, Г.Є. Чернищенко, Ю.М. Тереняк, 2021.
2. «Біоінформатика. Вступний курс», Г. Ю. Мороховець, О.В. Сілкова, 2017.
3. «Біоінформатика. Аналіз Генетичних Послідовностей», Б. Осташ, 2022.
4. «Bioinformatics: Genes, Proteins and Computers», Christine Orengo, David Jones, Janet Thornton, 2002.
5. «Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis», David W. Mount, 2001.
6. «Bioinformatic algorithms», Phillip Compeau and Pavel Pevzner, 2018.
7. «Bioinformatics and Functional Genomics», Jonathan Pevsner, 2015.
8. «Основи Програмування Мовою Python», А.О. Костюченко, 2020.
9. «Алгоритми і Структури Даних. Підручник», А.П. Крєневич, 2021.
10. «Основи Алгоритмізації», І.В. Семейон, С.В. Чупов, А.Ю. Брила, П.П. Антосяк, М.В. Дудла, 2015.
11. «Python for Biologists: A complete programming course for beginners», Martin Jones, 2013
12. «Advanced Python for Biologists», Martin Jones, 2017
13. «Effective Python Development for Biologists: Tools and techniques for building biological programs», Martin Jones, 2016
14. «Bioinformatic Programming using Python», Mitchell Model, 2009

15. «Data Visualization with Python», Mario Döbler and Tim Großmann, 2019
16. «Hands-On Data Analysis with Pandas Second Edition», Stefanie Molin, 2021
17. «Biological data exploration with Python, pandas and seaborn: Clean, filter, reshape and visualize complex biological datasets using the scientific Python stack», Martin Jones, 2020

# БІОСТАТИСТИКА ТА АНАЛІЗ ДАНИХ

## Програма

Вступ та основи біостатистики. Біостатистика як наукова дисципліна. Її місце в сучасній біології та біоінформатиці. Типи біологічних даних (кількісні, якісні, порядкові, «omics»-дані). Формати та попередня обробка біологічних даних.

Описова статистика та ймовірності. Описова статистика. Теорія ймовірностей у біології. Закони розподілів (нормальний, Пуассона, біноміальний). Моделювання ймовірнісних процесів у біології. Вибіркові розподіли та довірчі інтервали. Статистичні гіпотези. Помилки I і II роду. Приклади перевірки гіпотез у біомедичних дослідженнях. Параметричні і непараметричні тести. Виконання статистичних тестів на даних реальних біологічних експериментів.

Аналіз варіацій та регресійні моделі. Дисперсійний аналіз (ANOVA, MANOVA). Однофакторний і багатфакторний ANOVA для біологічних даних. Кореляційний аналіз. Регресійний аналіз: лінійна, множинна, нелінійна регресія. Моделювання залежностей у фізіологічних даних.

Багатовимірна статистика. Принципи багатовимірного аналізу. Головні компоненти (PCA) та факторний аналіз. Кластерний аналіз і таксономія. Кластеризація видів у популяційній біології. Дискримінантний аналіз. Використання дискримінантного аналізу для класифікації біологічних об'єктів.

Біоінформатичні та спеціальні методи. Біостатистика у генетиці. Генетичні задачі. Методи аналізу біорізноманіття: індекси Шеннона, Сімпсона, Пієлу. Обчислення індексів у екологічних дослідженнях. Моделі динаміки популяцій (експоненційна, логістична, Lotka–Volterra). Епідеміологічні моделі (SIR, SEIR). Моделювання динаміки популяцій.

Практична аналітика та представлення результатів. Сучасні інструменти аналізу даних. Наукова комунікація: як представляти статистичні результати у статтях, дисертаціях та конференційних матеріалах. Підготовка статистичного звіту та візуалізація результатів.

## Рекомендована література

1. Бабич П. Н., Бабич Д. П. Математична статистика для біологів та медиків. Київ : Наукова думка, 2009. 228 с.
2. Грузєва Т.С., Лехан В.М., Огнєв В.А., Галієнко Л.І., Крячкова Л.В. Біостатистика (за заг. ред. академіка МАН ВО України, проф. Т.С. Грузєвої). Вінниця: Нова книга, 2020. 381 с.
3. Гречуха С. М., Федоренко В. С. Біостатистика: навчальний посібник. Київ: Медицина, 2019. 256 с.
4. Прилуцький Ю.І., Ільченко О.В., Цимбалюк О.В., Костерін С.О. Підручник «Статистичні методи в біології», Київ, «Наукова думка», 2017, 216 с.

5. Біостатистика: підручник /В. Ф. Москаленко, О. П. Гульчій, М. В. Голубчиков [та ін.]; ред. В. Ф. Москаленко. К.: Книга плюс, 2009. 184 с.
6. Григоренко Ю. П., Сичова О. В. Статистичні методи у біології та медицині: навчальний посібник. Харків : ХНУ, 2018. – 180 с.
7. Слюсарчук П. В. Теорія ймовірностей та математична статистика. – Ужгород: Карпати, 2005. 243с.
8. Турчин В.М. Математична статистика. Київ: Академія. 1999. 225с.
9. Г.І. Сливка-Тилищак, О.О. Синявська Біостатистика та аналіз даних. Конспект лекцій для студентів біологічного факультету. ФМЦТ. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2023.
10. Wayne W. Daniel, Chad L. Cross Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences, 11th Edition. Wiley, 2018. 720 p.
11. Harvey Motulsky Intuitive Biostatistics: A Nonmathematical Guide to Statistical Thinking, 3rd edition. Oxford University Press. 2018. 576 p.
12. Balakrishnan N., Rao C. R. (eds.) Handbook of Statistics in Biostatistics. Elsevier, 2017.
13. Downey A. Think Stats: Exploratory Data Analysis in Python. – 2nd ed. O'Reilly, 2014.

# БІОЛОГІЧНІ БАЗИ ДАНИХ

## Програма

Вступ до біологічних баз даних. Класифікація біологічних баз даних: первинні, вторинні, спеціалізовані. Структура та принципи організації баз даних. Стандарти та формати збереження біологічної інформації.

Основні міжнародні та національні біологічні бази даних. Основні нуклеотидні бази даних: GenBank, EMBL, DDBJ. Бази даних білкових послідовностей: UniProt, Swiss-Prot. Бази даних тривимірних структур білків: Protein Data Bank (PDB). Бази даних біорізноманіття: GBIF, iNaturalist, UkrBIN, EPPO.

Пошук інформації. Пошук і завантаження біологічної інформації з баз даних. Інструменти та фільтри для пошуку та аналізу даних. Формати представлення даних.

Використання біологічних даних. Використання біоінформаційних даних у філогенетичних та медичних дослідженнях. Використання даних біорізноманіття у екологічних і систематичних дослідженнях.

Формування власних даних, доповнення існуючих баз. Накопичення даних у базах. Створення профілів, підготовка і додавання власних даних польових та лабораторних досліджень до біологічних баз. Принципи анотації даних, мінімальний набір метаданих. Створення Dataset (колекцій даних).

Інтеграція даних. Інтеграція даних з різних баз для комплексного біологічного аналізу. Етичні та правові аспекти використання біологічних ресурсів.

## Рекомендована література

1. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Булаєвська М. О. (2020) Біоінформатичні бази даних. Навч. посіб. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 117 с.
2. Біоінформаційні бази даних (2024) Практикум: навч. посіб. Уклад.: І. В. Дем'яненко. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 47 с.
3. Basant K. Tiwary (2022) Bioinformatics and Computational Biology. Springer Singapore, ISBN: 978-981-16-4240-1
4. Biodiversity Databases. Proposal review. Techniques, Politics, and Applications (2007) Curry G.B., Humphries C.J. (Eds.). Taylor & Francis, DOI: 10.1201/9781439832547
5. Byron, K., Herbert, K. G., Wang, J. T. L. (2016) Bioinformatics database systems. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315388106>
6. Bioinformatics. Databases and Systems (1999) Stanley Letovsky (Ed.) Springer New York. ISBN: 978-0-7923-8573-8
7. Stasinou S., Mensio M., Lazovik E., Trantas A. (2025) BioCube: A Multimodal Dataset for Biodiversity Research // Quantitative Biology. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.11568>
8. Thukral, S. K. (2007) Bioinformatics: databases, tools, algorithms New Delhi, Oxford : Oxford University Press.

# ТЕХНОЛОГІЇ СЕКВЕНУВАННЯ ТА ГЕНОТИПУВАННЯ

## Програма

Основи та історія технологій секвенування.

Типи секвенування. Класифікація технологій від класичного до сучасного «секвенування наступного покоління» (NGS).

Сангерівське (Sanger) секвенування. Принципи методу. Переваги та обмеження.

Сучасні методи секвенування (NGS).

Рання ера технологій коротких рідів. Поява масового паралельного секвенування. Основні платформи та застосування. Принцип і переваги платформи Illumina.

Сучасні методи NGS. Принцип платформи Ion Torrent. Переваги та обмеження платформ Illumina, Ion Torrent та Complete Genomics. Контроль якості даних та підготовка бібліотек.

Довге секвенування – лонгріди. Переваги довгих рідів для аналізу геномів. Переваги та обмеження технології PacBio та Oxford Nanopore.

Робочий процес Oxford Nanopore. Принципи роботи нанопор, отримання та обробка даних.

Нові можливості та перспективи застосування.

Наступні кроки в NGS секвенуванні. Нові платформи NGS. Інтеграція нових технологій, автоматизація та масштабування. Робочий процес складання повних геномів (T2T)

Нові можливості. T2T, пангеноми, та штучний інтелект (AI). Секвенування ДНК однієї клітини, метагеноміка, застосування у медицині та біотехнології.

## Рекомендована література

1. Обчислювальна біологія - геноми, мережі та еволюція (Kellis et al.) / із сайту: [ukrayinska.libretexts.org](http://ukrayinska.libretexts.org)
2. DNA Sequencing by Capillary Electrophoresis Applied Biosystems Chemistry Guide | Second Edition   
[https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/cms\\_041003.pdf](https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/cms_041003.pdf)
3. NGS workflow steps: Understanding the basic steps in the NGS workflow:   
<https://www.illumina.com/science/technology/next-generation-sequencing/beginners/ngs-workflow.html>
4. Illumina Sequencing: [https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/illumina\\_sequencing\\_introduction.pdf](https://www.illumina.com/content/dam/illumina-marketing/documents/products/illumina_sequencing_introduction.pdf)
5. Nanopore Sequencing Book: DNA extraction and purification methods   
<https://lab.loman.net/2018/05/25/dna-extraction-book-chapter/>

# ГЕНЕТИКА ЛЮДИНИ З ОСНОВАМИ МЕДИЧНОЇ ГЕНЕТИКИ

## Програма

Предмет генетики людини. Становлення антропогенетики як науки. Сучасний етап розвитку антропогенетики. Особливості людини як об'єкта генетичних досліджень.

Методи дослідження генетики людини. Цитогенетичний метод дослідження геному людини. Будова хромосом. Структурні зміни хромосом. Популяційно-статистичний метод і деякі проблеми еволюційної теорії. Поняття про генетичний гомеостазис. Генетичні основи еволюції. Близнюковий метод дослідження. Імунологічний метод дослідження Еритроцитарні фактори. Селективне значення груп крові. Значення визначення груп крові для практики. Біохімічні методи дослідження. Генеалогічний, онтогенетичний і дерматогліфічний методи дослідження. Електрофізіологічні методи дослідження. Моделювання спадкових захворювань.

Типи моногенного успадкування у людини. Аутомно-домінантне і аутомно-рецесивне успадкування. Неповне домінування, кодомінування і наддомінування у людини. Спадковість зчеплена зі статтю.

Полігенна спадковість людини. Множинний алелізм. Взаємодія неалельних генів. Полігенна спадковість людини. Летальні і сублетальні гени. Кровна рідня.

Генетичні механізми визначення і розвитку статі. Хромосомна теорія визначення статі. Розвиток статі і його порушення. Перевизначення статі в онтогенезі. Можливість керування статтю.

Роль спадкових факторів у захворюваності людини. Види спадкових хвороб. Хромосомні хвороби. Молекулярні спадкові захворювання.

Імуногенетика й імунопатологія. Імуногенетика. Імунодефіцитні синдроми.

Спадково-обумовлена відмінність чутливості організму до фармакологічних препаратів (фармакогенетика). Основні ферменти лікарського метаболізму. Основні принципи скринінгу генетично обумовлених патологій обміну речовин.

Генетика захворювань різних систем органів людини. Генотерапія. Спадкові порушення згортання крові. Генетика захворювань нервової системи. Генетика психічних захворювань. Генетичні аспекти клініки внутрішніх хвороб. Генетика в ендокринології. Спадкові захворювання опорно-рухового апарату. Діагностика, лікування і профілактика спадкових захворювань. Медико-генетичне консультування. Генотерапія.

Генетика особистості. Основи психогенетики. Роль темпераменту у психічній діяльності і поведінці людини. Сутність темпераменту. Інтелект. Коефіцієнт розумового розвитку. Генетичний контроль інтелекту. Генетика обдарованості.

## Рекомендована література

- Барціховський В.В., Шерстюк П.Я. Медична біологія: підручник. — 5-е видання., 2024. - 312 с.
- Бердишев Г. Д. Медична генетика / Г. Д. Бердишев, І. Ф. Криворучко. – К.: Вища школа, 1993. – 336 с.
- Боярчук О. Д., Грановський О.Е., Грищук А.В. Генетика з основами селекції: навчальний посібник. Полтава. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка : Миргород, 2023. 188 с.
- Бужієвська Т.І. Основи медичної генетики: навч. посіб. ВМЗО. – К.: Здоров'я, 2001.
- Вакерич М.М., Гасинець Я.С., Долгушина Л.В., Гедзур Т.І., Кресей Т.В. Збірник задач і завдань з дисципліни «Генетика людини з основами медичної генетики». Навчально-методичний посібник. – Ужгород, 2023. – 93 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jsui/handle/lib/53554>.
- Вакерич М.М. «Антропогенетика». Методичні вказівки для самостійної роботи студентів. – Ужгород, 2015, 56 с.
- Гасинець Я.С., Щубелка Х.М., Вольфсбергер В.В., Кіш Р.Я., Вакерич М.М., Кривцова М.В., Мірутенко В.С., Олексик Т.Х. Вступ до геномної біології: навчально-методичний посібник. – Ужгород: вид-во «ФОП Сабов А.М.», 2023. – 42 с.
- Демидов С.В., Бердишев Г.Д., Топчій Н.М., Черненко К.Д. Генетика. – Київ: Фітосоціоцентр, 2007. – 412 с.
- Демидов С.В., Мінченко Ж.М., Гавриленко Т.І., Новікова С.М, Соколенко В.Л. Антропогенетика з основами медичної генетики. – Київ: Фітосоціоцентр, 2013. – 608 с.
- Кунах В.А. Розвиток генетики в Національній академії наук України (до 90-річчя від часу заснування НАН України) Вісник Укр. Тов.-ва генетиків і селекціонерів, 2008, том 6, №1.11. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник. - Вінниця: Нова книга, 2004. - 656 с: іл.
- Медична генетика : підруч. / О.Я. Гречаніна, Р. Хоффман, Р.В. Богатирьова [та ін.]; за ред. О.Я. Гречаніної, Р.В. Богатирьової, О.П. Волосовця. – К.: Медицина, 2007. – 536 с.
- Ніколайчук В.І., Вакерич М.М. Генетика: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Ужгород: гранда, 2013. – 506 с.
- Ніколайчук В.І., Надь Б.Б. Збірник задач з генетики (дороблений і перероблений) -Ужгород: Патент, 2001.
- Помогайбо В.М. Генетика людини: навч. посіб. – К. ВЦ «Академія», 2014. – 280 с.
- Путинцева Г. Й. Медична генетика: Підручник / Г. Й. Путинцева. – К. : Медицина, 2008. – 392 с.
- Романенко О. В. Медична біологія: Посібник з практичних занять / О.В. Романенка, М. Г. Кравчук, В. М. Грінкевич. – К. : Здоров'я, 2005. – 372 с.
- Сиволоб А.В., Рушковський С.Р., Кир'яченко С.С. та ін. Генетика : підручник за ред. А.В.Сиволоба. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. – 320 с.

19. Тоцький В.М. Генетика: Підручник / 3-тє вид., випр. та доп. – Одеса: Астропринт, 2008. – 712 с.
20. Шевчук Т. Я. Генетика людини: Навчально-методичне видання. Опорний конспект лекцій / Т. Я. Шевчук, О. Р. Дмитроца, С. Є. Швайко, Н. М. Руднік. – Луцьк : «Вежа» видавництво Волинського нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2009. – С. 96.
21. Sharga B., Hliudzyk-Shemota M., Pylypiv D., Vakerych M. Multiple choise questins in Medical Biology. Uzhhorod, 2023, 100 p.\_\_\_\_

# ВСТУП ДО ГЕНОМНОЇ БІОЛОГІЇ

## Програма

Вступ до геномної біології. Основні етапи становлення геномної біології. Від генів до геномів. Основні концепції геномної біології.

Науковий метод. Принципи наукового підходу в геномній біології. Геномні проекти та підходи секвенування наступного покоління.

Основи молекулярної та популяційної генетики. Геномні наслідки еволюційних процесів. Походження генів. Молекулярна еволюція.

Структура та організація геномів. Збірка геному та її якість. Організація та анотація геному і геномного різноманіття.

Походження варіантності в геномах: мутації, рекомбінація, природний добір, міграція і дрейф генів. Значення геномного різноманіття в еволюції, механізми утворення і розповсюдження геномного різноманіття.

Дослідження варіації геномів. Індивідуальні та популяційні відмінності. Філогенетичні та популяційні моделі для вивчення геномного різноманіття

Міграції і потік генів. Генетичне змішування та значення геномного різноманіття в еволюції популяцій.

Дослідження варіації геномів, індивідуальні та популяційні відмінності. Бази даних з медично важливих мутацій та інструменти для дослідження варіації геномів.

Еволюційна медицина та генетика хвороб. Роль геномної варіабельності у еволюції захворювань. Генетичні складові у спадкових та негенетичних захворюваннях.

Приклади геномних проектів, їхні досягнення та вклад в геномну біологію і медицину.

## Рекомендована література

1. Вступ до генетики, біоінформатики, ДНК-технологій, генної терапії, ДНК-екології, протеоміки, метаболіки / За редакцією проф. Т.Т. Глазко. – К.: КВІЦ, 2003. 640 с.
2. Гасинець Я.С., Щубелка Х.М., Вольфсбергер В.В., Кіш Р.Я., Вакерич М.М., Кривцова М.В., Мірутенко В.С., Олексик Т.Х. Вступ до геномної біології: навчально-методичний посібник. – Ужгород: вид-во «ФОП Сабов А.М.», 2023. 42 с.
3. Демидов С.В., Бердишев Г.Д., Топчій Н.М., Черненко К.Д. Генетика. – К.: Фітосоціоцентр, 2007. 412 с.
4. Запорожан В.М., Бажора Ю.І., Шевеленкова А.В., Чеснокова М.М. Медична генетика: підручник для вузів. – Одеса: Одес. держ. мед. ун-т, 2005. 260 с.
5. Молекулярна біологія: підручник / А.В. Сиволоб. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 384 с.
6. [https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Genetika/Biblioteka/Molekul\\_biol\\_site/MolBiol\\_sivolob.pdf](https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Genetika/Biblioteka/Molekul_biol_site/MolBiol_sivolob.pdf)

7. Молекулярна генетика та технології дослідження геному: навч. посіб. / М.І. Гиль, О.Ю. Сметана, О.І. Юлевич [та ін.]; за ред. проф. М.І. Гиль. – К.: Гельветика, 2019. 320 с.
8. Павліченко В.І., Пішак В.П., Булик Р.Є. Основи молекулярної біології: навчальний посібник. – Чернівці: Мед. університет, 2012. 388 с.
9. Помогайбо В. М., Петрушов А. В. Генетика людини: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: «Академія», 2014. 325 с.
10. Тоцький В.М. Генетика. – Одеса: «Астропринт», 2002. 712 с.

# ПОПУЛЯЦІЙНА БІОЛОГІЯ ТА ГЕНЕТИКА

## Програма

Поняття «популяція». Загальні властивості та структурні одиниці популяції. Популяція як форма існування видів живих організмів. Розвиток уявлень про популяцію, етапи історичного розвитку та шляхи формування популяційної біології та генетики. Концепція популяції, її ключові критерії та основні особливості. Генетично-еволюційний та еколого-демографічний підходи у популяційних дослідженнях. Ознаки, категорії та ієрархія популяції. Облікова одиниця в популяційній біології. Морфологічна мінливість особин, якісні і кількісні ознаки.

Генетична структура та фенетика популяцій. Поняття генетичної структури популяції, її особливості в різних систематичних групах рослин і тварин. Генетична гетерогенність і поліморфізм природних популяцій, механізми їхнього підтримання та дослідження. Аналіз структури популяцій за особливостями будови каріотипу та його мінливість. Застосування фенів у популяційних дослідженнях. Фенетичний аналіз та фенетична структура популяції.

Просторова та статевая структура популяцій. Поняття просторової структури популяцій. Радіус репродуктивної активності, формування просторових меж, розміри популяцій, просторовий розподіл. Внутрішньопопуляційні групи, їхня ієрархія та лабільність. Просторові типи популяцій. Просторова горизонтальна та вертикальна структура популяцій в рослин. Концепція популяційного та фітогенного поля. Первісна статевая структура популяцій. Вторинне та третинне співвідношення статей у популяціях та його лабільність. Особливості генедерної структури популяцій в рослин, її мінливість залежно від еколого-ценотичних умов.

Вікова та онтогенетична структура популяцій. Поняття про вікову структуру популяції. Вікові піраміди та їхні типи. Репродуктивний вік. Стабільні, нормальні, сукцесійні, регресивні популяції. Періодизація онтогенезу, виділення онтогенетичних станів у рослин різних біоморф. Онтогенетичні спектри популяцій. Віталітетна структура популяцій, поняття про віталітет, його категоризація, індикаторна роль.

Стратегії популяцій та їхні типи. Поняття про стратегії життя або типи поведінки організмів. Конкуренція за використання ресурсів, як одна з головних передумов концепції. Типи та системи екологічних стратегій популяцій та їх інтегральні ознаки. Уявлення про r-, K-стратегії, системи типів стратегії Р. Уітекера та систему R-, K-, S-стратегії Раменського–Грайма. Ординаційна решітка Е. Піанки. Вторинні та змішані типи стратегій особин, популяцій та видів. Пластичність стратегій. Система типів стратегій популяцій – сучасний етап.

Динаміка популяцій та популяційних генофондів. Сутність і форми динаміки популяцій. Основні динамічні характеристики популяцій. Динаміка чисельності популяцій, її типи та базові показники, криві виживання. Моделі та приклади експоненційного (Т. Мальтус, А. Лотка) та логістичного (Г.

Фергюльст, Р. Перл) зростання популяції. Поняття рівноважної щільності популяції. Основні моделі динаміки популяцій в системах «хижак–жертва» А. Лотки-В. Вольтерри, «рослина–фітотфаг» та їхні сучасні модифікації. Популяційні цикли та їх чинники. Сезонна, флуктуаційна та сукцесивна динаміка популяцій. Різноманіття динамічних процесів у популяціях. Динаміка генофондів в природних популяціях тварин. Динаміка генофондів у сучасних популяціях людини.

Ізоляція популяцій. Ізоляція та зв'язок між популяціями. Просторова та біологічна ізоляція. Види біологічної ізоляції (морфо-фізіологічна, етологічна, генетична, біотопічна, фенологічний поліморфізм). Ізоляція відстанню і часом. Первинні і вторинні форми ізоляції. Рівень зв'язків між популяціями.

Частоти генів та принцип Харді-Вайнберга. Механізми підтримання поліморфізму популяцій. Частоти генотипів та частоти алелей. Рівновага концентрації генів у панміктичних популяціях – закон Харді-Вайнберга. Порушення «хардієвої» рівноваги та корекція його моделі під впливом еволюційних сил. Еволюція як зміна частот алелей у популяції з часом. Аналіз генетичної структури популяції.

Генетична мінливість популяцій. Мутації та рекомбінації. Генетична гетерогенність популяцій. Мутації і рекомбінація як основні джерела генетичної мінливості. Мутаційний процес: класифікація мутацій. Генні мутації, їхня класифікація, виникнення та частота. Хромосомні мутації або перебудови: варіювання у складі та розташуванні, їхній фенотипічний прояв. Геномні мутації: анеуплоїдія та поліплоїдія. Акумуляція мутацій. Рекомбінації та їхня роль у збільшенні гаплотипної різноманітності. Типи генетичної мінливості, її еволюційні та екологічні аспекти.

Міграції, дрейф генів і природний добір як елементарні фактори генетичної динаміки популяцій та мікроеволюції. Міграції, потік генів та зміни частот алелей у популяціях, механізми міграції. Модифікація геному шляхом міграції. Модель континент-острів та інші моделі міграції. Генетичний дрейф, його вплив на частоту алелей у малих популяціях. Ефективний розмір популяції. Емпіричні приклади генетичного дрейфу. Зв'язок генетичного дрейфу з мутаціями, міграцією та відбором. Мутаційно-дрейфова рівновага. Інбридінг. Природний добір та його форми. Внутрішньо- та міжпопуляційний відбір і мікроеволюційні зміни в популяціях. Вплив особливостей популяції на формування еволюційних явищ.

Популяційна геноміка. Головні методи популяційної геноміки. Концепції та підходи: популяційна епігеноміка, ландшафтна геноміка, палеогеноміка, геномний відбір. Приклади та різноманітні аспекти застосування геноміки в популяційній та еволюційній генетиці: ключові відомості в екології та еволюції, висновки про демографічну історію, проблеми біогеографії, колонізації і інвазій, видоутворення.

### Рекомендована література

1. Дідух Я.П. Популяційна екологія. – Київ.: Фітосоціоцентр, 1998. – 192с.

2. Злобін Ю.А. Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту. – Суми: Університетська книга, 2009. – 263 с.
3. Крічфалушій В.В., Мезев-Крічфалушій Г.М. Популяційна біологія рослин: Навчально-методичний посібник для студентів біологічних спеціальностей вузів. – Ужгород Ужгород. ун-т, 1994. – 80 с.
4. Сіренко А. Г. Популяційна біологія. Лекції. – Івано-Франківськ, 2019. – 314 с.
5. Сиволоб А.В., Рушковський С.Р., Кир'яченко С.С. та ін. Генетика: підручник за ред. А.В.Сиволоба. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. – 320 с.
6. Тоцький В.М. Генетика: Підручник / 3-тє вид., випр. та доп. – Одеса: Астропринт, 2008. – 712 с.
7. Трофименко О. Л. Генетика популяцій : підручник / О. Л. Трофименко, М. І. Гиль, О. Ю. Сметана ; за ред. професора М. І. Гиль ; МНАУ. – Миколаїв : Видавничий дім «Гельветика», 2018. – 254 с.
8. Царик Й.В. Популяційна екологія. Керування популяціями. – Львів.: Видво центр ЛНУ імені Івана Франка, 2005. – 100с.
9. Begon M., Townsend C., Harper J. Ecology: from individuals to ecosystems. 4th ed. – Blackwell Publishing, 2006. – 738 pp.
10. Falińska K. Przewodnik do badań biologii populacji roślin. – Wydawnictwo Naukowe PWN, 2021. – 590 s.
11. Neal D. Introduction to population biology. 2nd edit. – Cambridge: Cambridge University Press, 2018. – 444 p.
12. Rajora, Om P., ed. Population Genomics: Concepts, Approaches and Applications. – Cham: Springer, 2019. – 822 p.
13. Silvertown J. W. Introduction to plant population ecology. — L.: Longman, 1982. — 209 p.

# ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЛОГЕНЕТИКИ

## Програма

Вступ до молекулярної філогенетики. Основні поняття молекулярної філогенетики (філогенія, таксономія, еволюційні зв'язки, молекулярні маркери), Предмет і завдання молекулярної філогенетики як міждисциплінарної науки на перетині молекулярної біології, біоінформатики та еволюційної біології. Історія розвитку методів філогенетичного аналізу. Роль молекулярних досліджень у сучасній біології – систематиці, біогеографії, медицині та біотехнологіях.

Молекулярні маркери у філогенетиці. Основні типи молекулярних маркерів: ДНК, РНК і білкові послідовності як джерела інформації. Характеристики мітохондріальних, хлоропластних та ядерних генів. Критерії вибору маркерів для різних рівнів молекулярного аналізу: інтра- та міжвидові порівняння, дослідження популяцій чи вищих таксонів.

Методи отримання молекулярних даних. Основні етапи підготовки молекулярних даних для філогенетичного аналізу. Методики екстракції та ампліфікації ДНК (ПЛР), методи секвенування (класичний метод Сангера та сучасні технології NGS). Бази даних послідовностей (GenBank, EMBL, DDBJ тощо) та онлайн-ресурси й інструменти для пошуку, завантаження та аналізу даних.

Вирівнювання нуклеотидних та амінокислотних послідовностей. Моделі еволюції послідовностей. Значення вирівнювання послідовностей у філогенетичних дослідженнях. Глобальне і локальне вирівнювання, алгоритми вирівнювання (BLAST, Clustal, MUSCLE). Методи оцінки якості вирівнювання та способи оптимізації даних для побудови дерев. Концепція молекулярної еволюції. Необхідність використання математичних моделей для опису замін нуклеотидів. Моделі замін нуклеотидів, вибір та перевірка моделей. Роль моделей у підвищенні точності філогенетичних реконструкцій.

Методи побудови філогенетичних дерев. Основні підходи до реконструкції філогеній: відстаневі методи (UPGMA, Neighbor-Joining), методи на основі ознак (Maximum Parsimony), імовірнісні методи (Maximum Likelihood, Bayesian Inference). Порівняння методів, їхні переваги та недоліки, а також сфери застосування. Програмне забезпечення, яке використовується для побудови та аналізу філогенетичних дерев.

Оцінка достовірності філогенетичних реконструкцій. Молекулярні годинники та датування еволюційних подій. Методи статистичної перевірки надійності дерев: бутстреп-аналіз, байєсівські ймовірності. Помилки і обмеження методів. Концепція молекулярного годинника, принципи його роботи та застосування для оцінки часу дивергенцій. калібрування годинників. Приклади датування еволюційних подій.

Філогеноміка та великомасштабні дані. Аналіз багатогенних та геномних даних. Філогенетика в епоху NGS і метагеноміки: можливості та виклики, пов'язані з використанням технологій NGS і метагеноміки. Інтеграція даних з

різних джерел. Проблеми конгруентності та горизонтального переносу генів, рекомбінації.

Застосування та перспективи розвитку молекулярної філогенетики.

Практичне значення молекулярної філогенетики для різних сфер науки та суспільства. Систематика і класифікація організмів. Біогеографія і реконструкція історії видів. Медична і прикладна філогенетика (біобезпека, ідентифікація вірусів, патогенів). Філогенетика і збереження біорізноманіття. Інтеграція молекулярних даних з морфологічними та екологічними. Перспективні напрямки досліджень.

### **Рекомендована література**

1. Bickel D.R. (2022) Phylogenetic Trees and Molecular Evolution. A Hands-on Introduction with Uncertainty Quantification Corrected Book. Springer. DOI: 10.1007/978-3-031-11958-3
2. Lemey P.(2012) The Phylogenetic Handbook: A Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing. Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9781139196752. ISBN: 978-0521877107
3. Leonardo A., Dopazo H. (2006) Molecular Evolution and Phylogenetics. Cambridge University Edition.
4. Page R.D.M. (2011) Introduction to Molecular Evolution and Phylogenetics. Oxford University Press. ISBN: 978-0198566991
5. Yang Z. (2014) Molecular Evolution: A Statistical Approach. Oxford University Press. ISBN: 978-0198567028

## **4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ АТЕСТАЦІЙНОГО ІСПИТУ**

Усний атестаційний іспит покликаний дати можливість членам ЕК перевірити логічність і послідовність мислення студентів-випускників, їх здатність аналізувати теоретичний матеріал з біоінформатики, а також успішно виконувати практичні завдання, що постають перед фахівцями у сфері аналізу та інтерпретації біологічних даних.

### **Методичні рекомендації з підготовки екзаменаційних питань та білетів**

Екзаменаційні білети мають відповідати таким вимогам:

- екзаменаційні питання повинні у повному обсязі відображати основні аспекти вмінь і знань, які передбачені освітньо-професійною програмою «Біоінформатика» для другого рівня вищої освіти;
- питання повинні бути викладені лаконічно, однак у повній мірі передавати суть, яку потрібно розкрити студенту під час усної відповіді;
- кожне питання бажано розпочинати словами: обґрунтувати..., проаналізувати..., дати оцінку..., довести... тощо, щоб забезпечити перевірку вміння студентів використовувати набуті знання для вирішення практично спрямованих завдань;
- складність білетів має бути приблизно однаковою і дозволяти студенту за час, відведений для відповіді (до 20 хв.), глибоко та повно розкрити зміст усіх питань;
- при формулюванні завдань (питань) необхідно використовувати відомі студентом поняття, терміни, назви, позначення тощо.
- Усі завдання білету Атестаційного іспиту рівнозначні за їх внеском до загальної оцінки за атестацію.

### **Деякі рекомендації щодо процедури заслуховування усних відповідей студентів під час державного іспиту**

Робота ЕК та заслуховування членами комісії відповідей студента проводиться у відповідності до Закону України «Про вищу освіту» та «Положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах».

Перед усною відповіддю студент обов'язково готує письмову відповідь по питаннях білету на спеціальних бланках, які підкріплюються до протоколу Екзаменаційної комісії.

Якщо студент у процесі відповіді відхиляється від сформульованих у білеті питань, голові комісії необхідно спрямувати відповідь студента у правильному напрямі. Члени комісії, з дозволу голови ЕК, мають право задавати уточнюючі й додаткові питання. Методично доцільно ставити питання після відповідей студента на всі питання екзаменаційного білета.

У випадку, коли студент допускає у відповіді помилки, його треба виправляти. При необхідності можна супроводжувати свої зауваження короткими поясненнями, щоб запобігти можливим повторенням аналогічних помилок у наступних відповідях студента.

Додаткові питання члени комісії ставлять на атестаційному іспиті за таких обставин:

- відповідь студента не достатньо повна, позбавлена логічності й визначеності;
- у відповіді допущені суттєві помилки;
- виникають сумніви в оцінці знань студента.

Уточнюючі й додаткові питання треба чітко формулювати. Члени комісії повинні пам'ятати про необхідність підтримки на іспиті невимушеної, доброзичливої обстановки, яка сприятиме спокійній підготовці студентів до відповідей.

Разом з тим важливо органічно поєднувати на атестаційному іспиті високу вимогливість і об'єктивність в оцінках.

### **Структура екзаменаційного білета**

Екзаменаційний білет складається з трьох питань дисциплін навчального плану, які обираються рандомно.

Відповідь студента на кожне питання оцінюється за 100-бальною шкалою. Загальне оцінка Атестації є середнім балом за відповіді на три питання, включаючи відповіді на додаткові запитання членів ЕК.

### **Загальний розподіл балів на Атестаційному іспиті**

Конкретна кількість балів за теоретичне питання виставляється у відповідності до повноти розкриття теми.

#### *Критерії оцінювання усної відповіді на екзаменаційні питання*

*90-100 балів* виставляється студентам, що повністю розкрили теоретичну та практичну складову питання, вільно володіють використовують найбільш вдалі приклади по проблемах, які висвітлюються, вміють аргументовано представляти власну точку зору з тієї чи іншої проблеми, вільно відповідають на додаткові питання членів ЕКу.

*74-89 балів* отримують студенти, що мають у цілому достатні знання програмного матеріалу по питанню, однак, не в повній мірі володіють цілісністю та логічністю інформації щодо проблеми, не показують максимальні знання при відповіді на додаткові запитання.

*60-73 балів* виставляється студентам, що частково відповіли на екзаменаційне питання, але їх відповідь не є достатньо аргументованою або логічною, вони допускають суттєві помилки, не використовують глибокі знання для аналізу матеріалу, не наводять приклади по тих чи інших аспектах питання, слабо відповідають на додаткові запитання.

*0-59 балів* отримують студенти, що мають поверхове знання екзаменаційного матеріалу, допускають значну кількість помилок у аналізі

матеріалу по питанню або взагалі не розкривають його суті, не дають відповіді на додаткові запитання.

Кількість балів, яка нарахована студентам, за атестаційний іспит конвертується у державну оцінку відповідно до стандартизованої шкали:

*Шкала оцінювання: національна та ECTS*

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту	для заліку
90 - 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82 - 89	<b>B</b>	добре	
74 - 81	<b>C</b>		
64 - 73	<b>D</b>	задовільно	
60 - 63	<b>E</b>		
35 - 59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0 - 34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни