

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Інститут високих технологій

Кафедра молекулярної біотехнології та біоінформатики



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ФЛОГЕНЕТИКА І БІОЛОГІЯ ПОПУЛЯЦІЙ**

для студентів

галузь знань № 09 «Біологія»
спеціальність № 091 «Біологія»
освітній рівень Бакалавр
освітня програма «Біологія (Високі технології)»
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	7
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік


Викладач: ас. Надія ПІРКО

Пролонговано: на 20 /20 н.р. () « » 20 р.
(підпис, ПІБ, дата)
на 20 /20 н.р. () « » 20 р.
(підпис, ПІБ, дата)

Розробники: Надія ПІРКО, к.б.н., асистент кафедри молекулярної біотехнології та біоінформатики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»


Завідувач кафедри молекулярної біотехнології та біоінформатики


Олексій НИПОРКО

Протокол № 4 від 05 лютого 2021р.

Схвалено науково - методичною комісією
«Інституту високих технологій»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Протокол від 05 03 2021 року № 3

Голова науково-методичної комісії  (Русінчук Н.М.)

05 03 2021 року

Мета дисципліни – ознайомити студентів з основами філогенетики та популяційної біології, з генетичними процесами, що відбуваються в популяціях, з теоретичними засадами, методологією та сферою застосування філогенетичного аналізу у біологічних та філогеографічних дослідженнях.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Володіння науково-теоретичним та практичним матеріалом навчальних дисциплін, які викладаються студентам освітнього рівня «Бакалавр» у попередніх семестрах.
2. Вміти самостійно застосовувати знання з загальної фізіології, анатомії, біохімії, біофізики, генетики, біоінформатика та ін. дисциплін, виконувати семінарські, лабораторні та практичні роботи, добре володіти методами статистичного аналізу, працювати з науково-методичною літературою.
3. Володіти елементарними навичками роботи з матеріалами та обладнанням, що використовуються в біологічних лабораторіях.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Предметом навчальної дисципліни є ознайомлення з базовими відомостями про популяцію як еволюційно-біологічну одиницю, визначенню її місця в системі виду і біоценозу, розкриттю закономірностей успадкування на популяційному рівні. В курсі охарактеризовано генетичну мінливість і поліморфізм популяцій, розкриті джерела їх формування. Особливу увагу приділено генетичним процесам, що відбуваються при виникненні нових видів. Студенти мають можливість також ознайомитися з теорією і практикою філогенетичного аналізу, оволодіти навичками його проведення, навчитися формулювати еволюційний сценарій за наявним філогенетичним деревом.

4. Завдання (навчальні цілі):

- сформулювати уявлення про принципи організації генетичної структури популяцій та її зміни під впливом різних факторів;
- сформулювати уяву про основні напрямки фундаментальних та прикладних генетичних досліджень популяцій.
- ознайомити студентів з базовими принципами філогенетичного аналізу молекулярно-генетичних даних;
- навчити студентів самостійно обирати філогенетичні методи для вирішення певної дослідницької задачі;
- ознайомити з основними підходами для формулювання та оцінки філогенетичних гіпотез;
- сформулювати уявлення про сучасні концепції молекулярної еволюції;
- сформулювати уявлення про недоліки та обмеження у використанні певних концепцій під час проведення філогенетичних досліджень;
- ознайомити студентів з протоколами та біоінформаційним інструментарієм який застосовується для аналізу отриманих філогенетичних даних;
- дати уявлення про сучасні тенденції розвитку даної дисципліни із різними міждисциплінарними проектами та суміжними науками.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 09 «Біологія», спеціальність 091 «Біологія») дисципліна забезпечує набуття студентами компетентностей:

інтегральної:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми в галузі біології і на межі предметних галузей при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування законів, теорій та методів біологічної науки, фізики, хімії, використання навичок програмування, проведення досліджень та/або здійснення інновацій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

загальних:

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово.

ЗК07. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК08. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК09. Здатність діяти соціально відповідально і свідомо з метою збереження природного навколишнього середовища.

спеціальних (фахових, предметних):

СК02. Здатність демонструвати базові теоретичні знання в галузі біологічних наук та на межі предметних галузей.

СК03. Здатність досліджувати різні рівні організації живого, біологічні явища і процеси.

СК04. Здатність здійснювати збір, реєстрацію і аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів у польових і лабораторних умовах.

СК05. Здатність до критичного осмислення новітніх розробок у галузі біології і професійній діяльності.

СК06. Усвідомлення необхідності збереження біорізноманіття, охорони навколишнього середовища, раціонального природокористування.

СК07. Здатність до аналізу будови, функцій, процесів життєдіяльності, онто- та філогенезу живих організмів.

СК08. Здатність до аналізу механізмів збереження, реалізації та передачі генетичної інформації в організмів.

СК09. Здатність аналізувати результати взаємодії біологічних систем різних рівнів організації, їхньої ролі у біосфері та можливості використання у різних галузях господарства, біотехнологіях, медицині та охороні навколишнього середовища.

СК10. Здатність демонструвати знання механізмів підтримання гомеостазу біологічних систем.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
Знати				
1.1	Знати, основні параметри та елементи, що використовують для характеристики популяції; мати уявлення про різні класифікації популяцій	Лекції, лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, усних відповідей, вирішення дослідницьких задач	10
1.2	Знати основні моделі, що описують закономірності зміни генетичної структури популяцій; еволюційні наслідки зміни частот генів та генотипів в популяціях; основні положення популяційної біології, що мають загально-біологічне	Лекції, лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, усних відповідей, вирішення	10

	значення та знаходять застосування для вирішення практичних потреб		дослідницьких задач	
1.3	Знати загальні концепції, підходи та методи філогенетики; методи побудови та принципи статистичної оцінки філогенетичних дерев; переваги і недоліки окремих філогенетичних методів і концепцій	Лекції, лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, усних відповідей, вирішення дослідницьких задач	10
Вміти				
2.1	Вміти оцінювати основні параметри генетичної структури популяцій; оцінювати можливі зміни генофонду в ряду поколінь під впливом добору, дрейфу, мутацій та міграцій; визначати генетичну відстань між популяціями	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, усних відповідей, вирішення дослідницьких задач	10
2.2	Вміти збирати вихідні дані, необхідні для популяційно-біологічного аналізу та проводити їх обробку; визначати можливі зміни генофонду в залежності від особливостей організації структури популяцій, субпопуляцій та зв'язків між ними.	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, усних відповідей, вирішення дослідницьких задач	15
2.3	Вміти обирати та аналізувати філогенетичні ознаки, компонувати матрицю даних, проводити її аналіз. Вміти будувати філогенетичні дерева, статистично оцінювати їх якість та коректно інтерпретувати.	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, усних відповідей, вирішення дослідницьких задач	15
2.4	Вміти використовуючи загальнодоступні бази даних мережі Інтернет, проводити пошук локусів кількісних та якісних ознак людини та інших організмів; Здійснювати написання лабораторного звіту за отриманими даними.	Лабораторні заняття	Модульна контрольна робота, оцінювання презентацій/доповідей, усних відповідей, вирішення дослідницьких задач	15
Комунікація				
3.1	Представляти результати проведеної роботи у формі доповідей/презентацій з використанням сучасних технологій, коректно вести дискусію	Самостійна робота	оцінювання презентації/вирішення дослідницьких задач, звіт	5
Автономність та відповідальність				

4.1	Самостійно вивчати наукову літературу та обирати генетичні і молекулярні-біологічні методи вирішення певної дослідницької задачі для проведення популяційного та філогенетичного аналізу	Самостійна робота	Підготовка презентації, вирішення дослідницьких задач	10
-----	--	-------------------	---	----

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	4.1
Програмні результати навчання (назва)									
ПР08. Знати та розуміти основні терміни, концепції, теорії і закони в галузі біологічних наук і на межі предметних галузей	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПР11. Розуміти структурну організацію біологічних систем на молекулярному рівні.	+	+	+	+	+	+	+		
ПР12. Демонструвати знання будови, процесів життєдіяльності та функцій живих організмів, розуміти механізми регуляції фізіологічних функцій для підтримання гомеостазу біологічних систем.	+	+	+					+	+
ПР13. Знати механізми збереження, реалізації та передачі генетичної інформації та їхнє значення в еволюційних процесах.	+	+	+					+	+
ПР17. Розуміти роль еволюційної ідеї органічного світу.	+	+	+					+	+
ПР19. Застосовувати у практичній діяльності методи визначення структурних та функціональних характеристик біологічних систем на різних рівнях організації.				+	+	+	+	+	+
ПР21. Аналізувати інформацію про різноманіття живих організмів.				+	+	+	+	+	+
ПР26. Застосовувати та модифікувати сучасні біотехнології для вирішення актуальних біологічних проблем.				+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1.1; 1.2. – 25 балів/ 12,5 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 1.3; 1.4 – 25 балів/ 12,5 балів
3. Лабораторні заняття – РН 2.1; 2.2; 3.1 – 30 балів/15 балів
4. Оцінювання презентацій, дослідницьких задач, усних відповідей РН 4.1 – 20 балів/ 10 балів

- підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка за залік виставляється як сума всіх форм семестрового оцінювання. Студент отримує позитивну оцінку за залік (зараховано) лише за умови успішного написання двох модульних контрольних робіт (по кожній не менше 50% правильних відповідей), виконання всіх лабораторних робіт (по кожній не менше 50% від максимально можливої кількості балів) та підготовку задач та презентацій.

7.2 Організація оцінювання:

Оцінювання результатів модульних контрольних робіт, задач, презентацій та усних відповідей проводиться протягом семестру. Модульні контрольні роботи 1 та 2 проводяться після завершення лекцій із відповідних розділів. Оцінювання презентацій, успішності розв'язку дослідницьких задач, усних доповідей та лабораторних робіт відбувається упродовж лекційних курсів та перевірки результатів самостійних робіт.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій та практичних занять

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні заняття	самостійна робота
Розділ 1. Властивості популяцій та динаміка генетичної структури популяцій.				
1	Лекція 1. Популяції та їх властивості. Чисельність популяцій.	2		
2	Лекція 2. Загальний фон та різноманіття генетичної мінливості. Кількісні ознаки генетичної мінливості	4		
3	Лабораторна робота 1. Техніка безпеки та правила, що висуваються до персоналу молекулярно-генетичних лабораторій. Інструктаж щодо користування лабораторного обладнання цих лабораторій. Визначення генетичної мінливості божої корівки. Вирішення задач за темою.		2	
4	Лекція 3. Структурованість популяцій. Генетична структура популяцій.	2		
5	Лекція 4. Генофонд. Геногеографія. Відтворення популяцій.	2		
6	Лабораторна робота 2. Ознайомлення з особливостями виділення ДНК з різних об'єктів. Перевірка якості ДНК-суміші, ознайомлення з етапами проведення ПЛР. Приготування реакційної суміші для проведення ПЛР та ПЛР у реальному часі. Вирішення задач за темою.		4	
7	Лекція 5. Мутації. Мультилокусні моделі.	4		
8	Лабораторна робота 3. Ознайомлення з методами електрофоретичного розділення нуклеїнових кислот в поліакриламідому та агарозному гелях. Порівняльний аналіз цих методів. Оцінка переваг та недоліків. Аналіз електрофореграм. Вирішення задач за темою.		4	
9	Лекція 6. Поняття про добір. Моделі та оцінки.	2		
10	Лекція 7. Інбридінг. Системи схрещування. Інбридинг та аутбридинг.	2		
11	Лекція 8. Генетичний дрейф та генетичний тягар.	2		
12	Лабораторна робота 4. Визначення ролі спадковості у людини за допомогою метода дерматографіки		2	

13	<p>Самостійна робота. Нестатеве розмноження. Розмноження спорами, бруньками, вегетативне розмноження. Фрагментація. Статеве розмноження. Ізогамія. Гетерогамія. Овогамія. Статеве розмноження без запліднення. Апоміксис у рослин. Партеногенез у тварин. Автогамія. Аллогамія. Дводомність та одностомність у рослин. Гермафродитизм у тварин. Прогенез. Зміна поколінь у рослин. Порівняння двох типів розмноження. Принцип лотереї. К- та г-стратегії розмноження. Багатоплідні та одноплідні організми</p> <p>Системи самонесумісності. Моногамія. Полігамія (полігінія, поліандрія, полігінандрія). Проміскуїтет. Міжвидова гібридизація. Гібридогенез. Джерела генетичної мінливості. Генні мутації. Хромосомні перебудови. Геномні мутації. Рекомбінації. Конверсії генів. Характеристика процесу спонтанного мутування. Джерела генетичної мінливості. Генні мутації. Хромосомні перебудови. Геномні мутації. Рекомбінації. Конверсії генів. Характеристика процесу спонтанного мутування.</p> <p>Оцінка тиску мутацій. Динамічна рівновага між прямим і зворотнім мутуванням.</p> <p>Імовірність втрати та збереження мутації в популяції. Популяційні вибухи мутацій</p> <p>Оцінка тиску мутацій. Динамічна рівновага між прямим і зворотнім мутуванням.</p> <p>Імовірність втрати та збереження мутації в популяції. Популяційні вибухи мутацій</p> <p>Зміна пристосованості під впливом добору. Фундаментальна теорема природного добору Фішера.</p> <p>Інбридинг в популяціях людини. Наслідки інбридингу. Основні відміни наслідків інбридингу та дрейфу генів. Різні форми ізоляції між популяціями та в межах популяції. Клани, касти, та інші види соціального розшарування.</p> <p>Коефіцієнт міграції. Вплив міграцій на зміну частот генів в популяціях-донорах та реципієнтів.</p> <p>Результати експериментального вивчення впливу міграції на генетичну структуру популяції.</p> <p>Міграції в популяціях людини. Зміни популяції при різних типах взаємодії субпопуляцій та різному рівні їх взаємної ізолюваності.</p>			40
<i>Розділ 2. Філогенетика та молекулярно-філогенетичний аналіз</i>				
14	<p>Лекція 9. Характеристика основних етапів філогенетичного аналізу. Підготовка та попередня оцінка масиву даних.</p>	2		

15	Лекція 10. Особливості філогенетичного аналізу різних груп організмів. Найпоширеніші ядерні, пластидні та мітохондріальні маркерні послідовності та деякі проблеми їх використання при філогенетичному аналізі тварин, грибів та рослин	4		
16	Лабораторна робота 5. Множинні вирівнювання амінокислотних та нуклеотидних послідовностей за допомогою різних комп'ютерних програм. Підбір оптимальних моделей нуклеотидних замінів для заданого масиву даних.		2	
17	Лекція 11. Моделі еволюційних замінів. Критерії вибору оптимальної моделі (BIC, AIC, -lnL).	2		
18	Лекція 12. Н Характеристика основних методів побудови філогенетичних дерев: дистанційні дерева, дерева, побудовані методами аналізу дискретних ознак (максимальна парсимонія, максимальна правдоподібність), Байєсівський аналіз	2		
19	Лекція 13. Оцінка інформативності філогенетичних дерев. Бутстреп та його різновиди. Байєсівська постеріорна ймовірність.	2		
20	Лабораторна робота 6. Побудова філогенетичних дерев дистанційними методами, методами максимальної парсимонії та методами максимальної правдоподібності		2	
21	Лекція 14. Поняття філогеноміки. Сучасна популяційна геноміка та проблеми, які вона вирішує.	2		
22	Самостійна робота. Бази даних нуклеотидних та білкових послідовностей. Структура флетфайлів GenBank та ENA. BLAST та FASTA: принципи роботи. Пошук послідовностей у базах даних для побудови філогенетичного дерева. Вирівнювання конкретних послідовностей за допомогою різних комп'ютерних програм. Філогенетичний аналіз групи організмів за маркерними послідовностями ДНК (редагування, формування data set, вирівнювання, вибір моделі, побудова NJ, ML, BI дерев, візуалізація BI-дендрита з оцінкою інформативності його гілок різними методами). Основні підходи до аналізу повногеномних сиквенсів Огляд програмного забезпечення для секвенування другого та третього покоління. Знайомство з базами даних, в яких можна знайти інформацію про послідовності ДНК та білків людини. Бази даних та інструменти на NCBI. Бази даних та ресурси на EMBL-EBI. Геномні браузері.			30
	ВСЬОГО	34	16	70

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – 34 год.

Лабораторні заняття – 16 год.

Самостійна робота – 70 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. Reese R.J. Analysis of Genes and Genomes – Wiley, 2004.
2. Lindsley D.L. Grell E.H. Genetic variations of *Drosophila melanogaster* // Carnegie Institution of Washington Publication. - 1968. - № 627.
3. Терновська Т.К. Генетичний аналіз: Навчальний посібник з курсу «Загальна генетика». – К.: Вид.дім. «Киева-Могилянська академія», 2010 – 335 с.
4. Сиволоб А.В., Рушковський С.Р., Кир'яченко С.С. та інш. Генетика: підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет“, 2008 .
5. Тоцький В.М. Генетика – Одеса: Астропринт, 2002. – 710 с.
6. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Генетика з основами популяційної генетики». Для студентів третього курсу ННЦ «Інститут біології» напряму екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо користування / Серга С.В., Проценко О.В., Ейнон Д., Демидов С.В., Козерецька І.А. – Київ: Фітосоціоцентр, 2015. – 60с.
7. Ней М., Кумар С. Молекулярная эволюция и филогенетика. – К.: КВІЦ – 2004, 418 с.
8. Bioinformatics: a practical guide to the analysis of genes and proteins, 2nd Ed / A.D. Vaxevanis, B.F.F. Ouellette. – New York: John Wiley & Sons, 2001. – 455 p.
9. Delsuc F., Brinkmann H., Philippe H. (2005). Phylogenomics and the reconstruction of the tree of life // Nat Rev Genet. – 2005. – Vol. 6 (5). – P. 361–375. doi:10.1038/nrg1603.

Додаткова:

1. Пірко Я.В., Калафат Л.О., Пірко Н.М., Рабоконь А.М., Приваліхін С.М., Демкович А. Є., Білоножко Ю. О., Кравець О. А., Алексєєва А. А., Хромих Н.О., Лихолат Ю.В. Поліморфізм довжини інтронів генів β -тубуліну у рослин *Ulmus pumila* L. в степовому Придніпров'ї // Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. – 2018, том 16, № 1.– С.28-34.
2. Пірко Я.В., Нецветов М.В., Калафат Л.О., Пірко Н.М., Рабоконь А.М., Приваліхін С.М., Демкович А.Є. , Білоножко Ю.О.,Блюм Я.Б. Генетичні особливості фенологічних форм *Quercus robur* (Fagaceae) за даними аналізу поліморфізму інтронів генів β -тубуліну та мікросателітних локусів // Укр. бот. журн., 2018, 75(5): 489–500. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.05.489>
3. Проценко О.В., Ясінський Я., Горюнова І.І., Плоховська С.Г., Борова М.М., Постовойтова А.С., Пірко Н.М., Пірко Я.В., Ємець А.І., Демидов С.В., Козерецька І.А. Оцінка токсинності та генотоксичності наночастинок Ag₂S, синтезованих за допомогою біологічних матриць, на тест-системі *Drosophila melanogaster* Mg. (Diptera: Drosophilidae) // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2018. – Том 23. – С.114-119.
4. Yemets A.I., Kozeretska I.A., Horiunova I.I., Borovaya M.N., Pirko Ya.V., Demidov S.V., Pirko N.M., Plohovska S.G., Protsenko O.V., Yasynsky Ya.S., Kovalenko P.A., Shelest D.V., Negelya A.O., Blume Ya.B. “Green synthesis” and biosafety of silver sulfide quantum dots nanoparticles // 5th International Conference “Nanotechnologies“ (Nano–2018), 19-22 November 2018, Tbilisi, Georgia. – P. 181.
5. Кимура М. Молекулярная эволюция: теория нейтральности: Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 394 с.
6. Janić, Miodrag et al. “Low-Dose Fluvastatin and Valsartan Rejuvenate the Arterial Wall Through Telomerase Activity Increase in Middle-Aged Men.” *Rejuvenation research* vol. 19,2 (2016): 115-9. doi:10.1089/rej.2015.1722;
7. VanGuilder HD, Vrana KE, Freeman WM (2008). «Twenty-five years of quantitative PCR for gene expression analysis». *Biotechniques* 44: 619–626.

8. 10. Nolan T, Hands RE, Bustin SA (2006). «Quantification of mRNA using realtime RT-PCR.» Nat. Protoc. 1: 1559–1582.
9. Cavalli-Sforza L.L. Genes, Peoples, and Languages. North Point Press, 2000.
10. Dranitsina A.S., Telegeev G D., Maliuta S.S, Bezrukov V. F. Genetic diversity in populations of Gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) // Цитология и генетика 2006, т.40, №2, С.57-62
11. Halliburton R. Introduction to Population Genetics. Prentice Hall, 2004
12. Hartl D., Clark A. Principles of Population Genetics, 3rd edition. Sinauer, 1997. ISBN 0-87893-306-9.
13. Provine W. B. The Origins of Theoretical Population Genetics. University of Chicago Press. 1971. ISBN 0-226-68464-4.
14. Wells S. Deep Ancestry: Inside the Genographic Project. National Geographic Society, 2006.

Інтернет-ресурси:

1. https://www.pacb.com/NCBI_databases <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
2. OMIM database <https://www.omim.org/>
3. Encyclopedia of DNA elements <http://genome.ucsc.edu/ENCODE/>
4. The Cell, A Molecular Approach. 2nd edition. Cooper G.M. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9839/>
5. MedlinePlus: Medical Dictionary <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/mplusdictionary.html>
6. Barth D.S. <http://psych.colorado.edu/~dbarth/>
7. NCBI databases <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
8. Молекулярно биологический сайт <http://www.molbiol.ru>
9. European Nucleotide Archive (ENA): <http://www.ebi.ac.uk/ena>
10. MUSCLE: <http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle/>
11. MEGA: <http://www.megasoftware.net/>
12. Assisting research and education in phylogenetics and evolution (<http://phylo.wikidot.com/>)
13. Mesquite: A modular system for evolutionary analysis (<https://www.mesquiteproject.org/>)
14. Phylogeny Programs (<http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html>)
15. Гра в еволюції: тренажер побудови та інтерпретації філогенетичних дерев (<https://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/evolution/>).
16. MrBayes: Bayesian Inference of Phylogeny (<http://nbisweden.github.io/MrBayes/>)
17. FigTree (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>)
18. Population Genetics Tutorials http://www.extension.org/pages/68167/population-development-and-genetics#.Vf3e__ntlBc
19. The ALlele FREquency Database <http://alfred.med.yale.edu/alfred/>
20. National Geographic: Atlas of the Human Journey (Haplogroup-based human migration maps) <https://www5.nationalgeographic.com/genographic/atlas.html>