

Зоологічна систематика і філогенетика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є створення комплексного уявлення про теорію та методи зоологічної систематики та філогенетики.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є 1) ознайомити студентів з основними поняттями та сучасними концепціями систематики та філогенетики; 2) розглянути особливості різних методів і підходів систематики та філогенетики; 3) сформувати практичні навички використання комп'ютерних програм, що застосовуються в систематиці та філогенетиці.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

- опанувати теоретичні засади зоологічної систематики та філогенетики;
- вміти застосовувати головні методи філогенетики (кладистичні, дистантні та імовірнісні) до морфологічних і молекулярних даних;
- вміти застосовувати бази даних молекулярних послідовностей і сучасні комп'ютерні програми для побудови філогенетичних дерев;
- вміти запропонувати еволюційний сценарій для групи, що досліджується, на підставі отриманого філогенетичного дерева.

1.4. Кількість кредитів 3.

1.6. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	4-й
Семестр	
8-й	8-й
Лекції	
48 год.	16 год.
Практичні, семінарські заняття	
-	-
Лабораторні заняття	
-	-
Самостійна робота	
60 год.	92 год.
Індивідуальні завдання	
+	

1.5. Загальна кількість годин 108.

1.6. Заплановані результати навчання

- при подальшому навчанні і професійній діяльності бути здатними осмислювати нову інформацію в контексті набутих знань про особливості і характер філогенезу;
 - знати, як обробляти систематичні ознаки;
 - вміти визначити модель еволюції;
 - вміти користуватися методами і підходами філогенетики;
 - вміти інтерпретувати філогенетичні дерева;
 - вміти критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у навчанні та професійній діяльності, бути здатним до подальшого навчання з високим рівнем автономності.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні основи систематики

Тема 1. Систематика як наука. Історія розвитку систематики

Основні проблеми, що виникають при вивченні біорізноманіття. Значення термінів систематика, таксономія, класифікація, номенклатура, таксон та фенон. Місце систематики в біології. Структура та принципи наукового методу. Основні періоди в історії систематики: вивчення місцевих фаун; Лінней та його сучасники; емпіричний підхід; Дарвін та філогенія; популяційна систематика; сучасні тенденції. Есенціалізм, номіналізм, еволюціонізм і номотетична теорія як теорії систематики.

Тема 2. Головні методологічні підходи в систематиці. Зоологічна номенклатура

Еволюційна систематика. Фенетика (нумерична таксономія). Кладистика (філогенетична систематика). Принцип економії (парсимонії) та гіпотези *ad hoc*. Чим саме відрізняються три школи систематики? Статистичний підхід до аналізу філогенії. Кодекси зоологічної номенклатури. Головні принципи номенклатури: пріоритет, валідність, гомонімія та синонімія.

Розділ 2. Методи систематики і філогенетики

Тема 1. Схожість. Складання матриці таксонів та ознак, вирівнювання. Визначення полярності ознак

Гомологія і аналогія. Синапоморфія, аутапоморфія та плезіоморфія. Гомологія і гомоплазія. Конфлікт ознак і парсимонія. Монофілетичні, поліфілетичні та парафілетичні групи. Патерн-кладистика. Типи ознак. Бінарні ознаки. Ознаки з багатьма станами. Трансформації станів ознак. Упорядковані та неупорядковані ознаки. Адитивне бінарне кодування. Деревя станів ознак. Полярність ознак. Робота з програмою NDE. Виконання індивідуальних завдань, складання матриць таксонів і ознак. Вирівнювання нуклеотидних послідовностей за допомогою програм ClustalX і MAFFT. Визначення полярності ознак за допомогою позагрупового порівняння. Прямий метод визначення полярності ознак за допомогою онтогенетичного критерію. Неспроможні засоби визначення полярності ознак.

Тема 2. Методи кількісної кладистики і пошуку оптимального дерева

Безкореневі та кореневі кладограми. Статистика відповідності дерева та даних: індекс консистентності, залишковий індекс. Оптимізація – способи врахування різних моделей еволюційних змін. Пошук оптимального дерева. Точні методи. Евристичні методи: покрокове додавання і обмін гілок. Методи бутстреп та джек-найф. Методи побудови консенсусних дерев. Використання програми RAUP для побудови філогенетичних дерев за критерієм оптимальності – парсимонія.

Тема 3. Альтернативи парсимонії: максимальна правдоподібність, Байєсів аналіз, дистантні методи

Аналіз філогенії як статистична проблема. Максимальна правдоподібність. Правдоподібність філогенетичної гіпотези та її імовірність. Підрахунок правдоподібності філогенетичного дерева. Моделі субституції нуклеотидів. Використання програм RAUP і для побудови філогенетичних дерев за критерієм оптимальності – максимальна правдоподібність. Поняття про апіорні та апостеріорні імовірності. Байєсова статистика. Застосування теореми Байєса для підрахунку апостеріорної імовірності філогенетичного дерева. Пошук дерева з максимальною апостеріорною імовірністю. Застосування програми MrBayes для побудови філогенетичних дерев. Поняття про генетичну відстань. Невиправлена і виправлена генетична відстань, моделі субституції нуклеотидів. Підрахунок генетичних відстаней за допомогою програми Mega7. Кластерний аналіз (UPGMA). Метод об'єднання сусідів. Використання програм RAUP і Mega7 для побудови дистантних дерев.

Тема 4. Молекулярні методи, які використовуються у філогенетичному аналізі

Полімеразна ланцюгова реакція. Реакція сиквенування. Автоматичне сиквенування. Обробка молекулярних даних, вирівнювання, програми, що використовуються для вирівнювання нуклеотидних послідовностей. Використання програми RAUP для філогенетичного аналізу. Основні команди програми RAUP. Виконання індивідуальних завдань. Використання програми TreeView для обробки отриманих філогенетичних дерев.

Розділ 3. Проблеми сучасної філогенетики

Тема 1. Проблема виду

Історія розвитку вчення про вид. Концепції виду, що мають історичне значення: типологічна та номіналістична концепції. Сучасні концепції виду: біологічна, хеннігова, філогенетичні та еволюційна концепції.

Тема 2. Сучасні уявлення про філогенію багатоклітинних

Революція в систематиці багатоклітинних. Поняття про Ecdysozoa і Lophotrochozoa. Походження членистоногих. Філогенетичні зв'язки комах. Філогенія кільчастих червів.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Загальні основи систематики												
Тема 1. Систематика як наука. Історія розвитку систематики	6	6					6	2				4
Тема 2. Головні методологічні підходи в систематиці. Зоологічна номенклатура	6	6					6	2				4
Разом за розділом 1	12	12					12	4				8
Розділ 2. Методи систематики і філогенетики												
Тема 1. Схожість. Складання матриці таксонів та ознак, вирівнювання. Визначення полярності ознак	6	6					6	3				3
Тема 2. Методи кількісної кладистики і пошуку оптимального дерева	6	6					6	2				4
Тема 3. Альтернативи парсимонії: максимальна правдоподібність, Байєсів аналіз, дистантні методи	21	6				15	21	3				18
Тема 4. Молекулярні методи, які використовуються у філогенетичному аналізі	21	6				15	21	2				19
Разом за розділом 2	54	24				30	54	10				44
Розділ 3. Проблеми сучасної філогенетики												
Тема 1. Проблема виду	21	6				15	21	1				20
Тема 2. Сучасні уявлення про філогенію багатоклітинних	21	6				15	21	1				20
Разом за розділом 3	42	12				30	42	2				40
Усього годин	108	48				60	108	16				92

4. Теми лабораторних (семінарських, практичних)занять Не передбачені навчальним планом

5.Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Форма роботи	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
Розділ 1			
1	Тема 1. Систематика як наука. Історія розвитку систематики	-	4
2	Тема 2. Головні методологічні підходи в систематиці. Зоологічна номенклатура	-	4
Розділ 2			
3	Тема 1. Схожість. Складання матриці таксонів та ознак, вирівнювання. Визначення полярності ознак	-	3
4	Тема 2. Методи кількісної кладистики і пошуку оптимального дерева	-	4
5	Тема 3. Дистантні методи	15	18
6	Тема 4. Молекулярні методи, які використовуються у філогенетичному аналізі	15	19
Розділ 3			
7	Тема 1. Проблема виду	15	20
8	Тема 2. Сучасні уявлення про філогенію багатоклітинних	15	20
Всього		60	92

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання включають складання і кладистичний аналіз матриці морфологічних ознак, пошук нуклеотидних послідовностей в Генетичному банку (GenBank), вирівнювання нуклеотидних послідовностей, проведення філогенетичного аналізу методами кладистики, дистантними методами, за критерієм максимальної правдоподібності та методами Байєсового аналізу. За результатами завдання студенти готують презентацію.

7. Методи контролю

Поточний контроль - усний контроль (усне опитування), практична перевірка

8. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль та самостійна робота								Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1		Розділ 2				Розділ 3				
T1	T2	T1	T2	T3	T4	T1	T2	60	40	100
4	5	5	12	12	12	5	5			

T1, T2 ... T12 – теми розділів.

10. Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

11. Рекомендоване методичне забезпечення

Базова література

1. Глущенко В.И., Акулов А.Ю., Леонтьев Д.В., Утевский С.Ю. Основы общей систематики. – Харьков, 2004. – 110 с.
2. Корнюшин А.В.. Критический анализ современных представлений о филогении многоклеточных животных // Вестник зоологии. – Т. 38, № 1. – 2004. – С. 3–18.
3. Майр Э. Принципы зоологической систематики. – М.: Мир, 1971. – 454 с.
4. Международный кодекс зоологической номенклатуры. Международная комиссия по зоологической номенклатуре. – СПб, 2000. – 222 с.
5. Негрбов О.П.. Краткий справочник по зоологической систематике. - Воронеж: изд-во Воронежск. ун-та, 1988. - 113 с.
6. Павлинов И.Я. Кладистический анализ. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 158 с.
7. Принципы и методы зоологической систематики. – Л.: АН СССР, Труды Зоологического института, 1989. – Т. 1989. – 233 с.
8. Современная систематика: Методологические аспекты. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. – 238 с.
9. Forey P.L. *et al.* Cladistics: A Practical Course in Systematics. – Oxford: Clarendon Press, 1996. – 191 p.
10. Hall B.G. Phylogenetic Trees Made Easy: A How-To Manual for Molecular Biologists. – Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2001. – 179 p.
11. Keith J.M. (ed.) Bioinformatics Volume I: Data, Sequence Analysis, and Evolution. - Melbourne: Humana Press, 2017. - 491 p.
12. Kitching I.J. *et al.* Cladistics (Second Edition): The Theory and Practice of Parsimony Analysis. – Oxford: University Press, 2000. – 228 p.
13. Nei M., Kumar S.. Molecular Evolution and Phylogenetics. – Oxford: University Press, 2000. – 333 p.
14. Page R.D.M. Molecular Evolution: A Phylogenetic Approach. – Blackwell Science, 1998. – 346 p.
15. Schuh R.T. Biological Systematics: Principles and Applications. – Cornell University Press, 2000. – 234 p.

Допоміжна література

1. Bitsch C., Bitsch J. Phylogenetic relationships of basal hexapods among the mandibulate arthropods: a cladistic analysis based on comparative morphological characters // Zoologica Scripta. – 2004. – Vol. 33. – P. 511–550.
2. Поппер К. Открытое общество и его враги. – М.: Феникс, Международный фонд «Культурная инициатива», 1992. – В 2-х тт.
3. Jobling M. *et al.* Human evolutionary genetics. - Garland Science, 2014. - 670.
4. Lemey P. *et al.* (Eds). The Phylogenetic Handbook A Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing. – Cambridge: Cambridge University Press, 2009. – 723 p.
5. Лукашов В.В. Молекулярная эволюция и филогенетический анализ. - М.: Бином, 2009. - 256 с.
6. Малахов В.В. Новые группы беспозвоночных животных // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 7. – С. 24-32.
7. Ратнер В.А. и др. Проблемы теории молекулярной эволюции. - Новосибирск: Наука, 1985. - 263 с.
8. Хаубольд Б., Вие Т. Введение в вычислительную биологию: эволюционный подход. - М.-Ижевск: НИЦ «Регуляторная и хаотическая динамика», 2011. - 456 с.

Інформаційні ресурси

1. Генетичний банк <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
2. Сайт програми Mega7: <http://megasoftware.net/>
3. Сайт програми MrBayes: <http://mrbayes.sourceforge.net/>
4. Філогенетичні програми: <http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html>