


**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

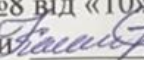
**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан факультету захисту рослин, біотехнологій  
та екології

  
" " (Коломієць Ю.В.)  
2023 р.

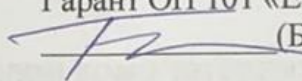
**«СХВАЛЕНО»**

На засіданні кафедри систем, мереж та  
кібербезпеки

Протокол №8 від «10» червня 2023 р.  
Зав. кафедри  (Касаткін Д.Ю.)

**«РОЗГЛЯНУТО»**

Гарант ОП 101 «Екологія»

  
(Боголюбов В.М.)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ**

Спеціальність	<u>101 «Екологія»</u>
Факультет	<u>Захисту рослин, біотехнологій та екології</u>
Розробники:	<u>Ясковець І.І., проф., д.ф.-м.н., Касаткін Д.Ю., доц., к.пед.н.</u>

Київ – 2023 р

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан факультету захисту рослин, біотехнологій  
та екології

\_\_\_\_\_ (Коломієць Ю.В.)  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**«СХВАЛЕНО»**

На засіданні кафедри систем, мереж та  
кібербезпеки

Протокол №8 від «10» червня 2023 р.  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ (Касаткін Д.Ю.)

**«РОЗГЛЯНУТО»**

Гарант ОП 101 «Екологія»

\_\_\_\_\_ (Боголюбов В.М.)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ**

Спеціальність	<u>101 «Екологія»</u>
Факультет	<u>Захисту рослин, біотехнологій та екології</u>
Розробники:	<u>Ясковець І.І., проф., д.ф.-м.н., Касаткін Д.Ю., доц., к.пед.н.</u>

Київ – 2023 р

Робоча програма з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для студентів ОС Бакалавр за ОП 101 «Екологія» „23” травня \_\_, 2023 р. – 15 с.

Розробники: Ясковець Іван Іванович, д.фіз.-мат.н., професор,  
Касаткін Дмитро Юрійович, кандидат педагогічних наук, доцент, академік ГО  
Національна академія наук вищої освіти України

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних систем,  
мереж та кібербезпеки

Протокол №8 від «10» червня 2023 р.

Завідувач кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

\_\_\_\_\_ (Касаткін Д.Ю.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

© НУБіП України, Касаткін Д.Ю., 2023 р.

## 1 Опис навчальної дисципліни

Моделювання і прогнозування стану довкілля

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>		
Галузь знань	10 «Природничі науки»	
Напрямок підготовки	101 «Екологія»	
Освітній ступінь	бакалавр	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	Нормативна	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)		
Форма контролю	іспит	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	4	4
Семестр	8	7
Лекційні заняття	26 год.	6 год.
Лабораторні заняття	26 год.	10 год.
Самостійна робота	68	104
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	4 год.	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета.** В курсі “Моделювання та прогнозування стану довкілля” використовуються різноманітні біофізичні моделі взаємодії між компонентами екосистеми, а також взаємодії поллютантів із різними фізичними об’єктами навколишнього середовища, із застосуванням відповідного математичного апарату. Це сприяє розвитку у студентів вміння застосовувати на практиці знання набуті при вивченні таких дисциплін, як фізика, хімія, біологія, ґрунтознавство та інші, а також розумінню того, що екологія, як наука, дозволяє описувати закономірності явищ у навколишньому середовищі на кількісному рівні, а не тільки є системою філософських поглядів та стратегією поведінки людини у взаємовідносинах із довкіллям

**Завдання.** Основне завдання курсу “Моделювання і прогнозування стану довкілля ” полягає у вивченні закономірностей поширення поллютантів від джерела їх викиду, харчовими ланцюгами, до людини. При вивченні курсу студенти повинні отримати знання про основні закони розповсюдження поллютантів у навколишньому середовищі, про їх вплив на компоненти екосистем, оцінювати дозовані навантаження на людину, а також закономірності динаміки розвитку популяцій живих організмів, та вплив на них стану довкілля. В процесі вивчення студенти мають бути ознайомлені із основними існуючими на сьогодні математичними моделями, які використовуються для прогнозування стану штучних та напівприродних екосистем, в тому числі і довгострокового. З огляду на особливості території України, при вивченні прийомів моделювання екосистем слід звернути увагу на застосуванні ландшафтного підходу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- засвоїти та вміти застосовувати на практиці методи кількісного аналізу екологічної обстановки;
- основні закони обігу поллютантів в агроекосистемах та напівприродних екосистемах;

**вміти:**

- вміти на основі знань про потужність джерела забруднення та його характеристики оцінювати рівень забруднення основних видів продукції сільськогосподарського виробництва;
- оцінювати дозовані навантаження на живі організми та на населення.

Набуття компетентностей:

**загальні компетентності (ЗК):**

ЗК2 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій

**фахові (спеціальні) компетентності (ФК):**

ФК10. Здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень.

**Очікувані програмні результати навчання студентів (ПРН):**

ПРН10. Уміти застосовувати програмно-технічні засоби, ІТ-технології та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень, зокрема, на радіоактивно забруднених територіях.

ПРН11. Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на стан навколишнього середовища.

## **3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ І.**

### **Методи математичних досліджень стану екологічних систем.**

**Тема лекційного заняття 1. Поняття математичної моделі. Основні принципи та прийоми математичного моделювання.**

Основні види математичних моделей екосистем Екосистема і її властивості. Концепція екосистем. Властивості екосистем. Ієрархія часів в екосистемах. Принципи функціонування екосистем. Основи термодинаміки екосистем

**Тема лекційного заняття 2. Технологія математичного моделювання. Використання ЕОМ у математичному моделюванні.**

Основи моделювання наземних екосистем. Методи екологічних досліджень. Загальна схема системного підходу до дослідження екосистем. Поняття математичної моделі. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології. Метод математичного моделювання в екології як засіб дослідження. Принципи побудови, класифікації і використання моделей. Технологія інформаційного обслуговування математичного моделювання. Використання комп'ютерів в математичному моделюванні. Універсальні математичні системи і програми загального призначення мети для виконання математичної оцінки: MATLAB, Mathematica, MATHCAD, Клен, Macsyma

**Тема лекційного заняття 3. Популяційні моделі. Моделі типу "хижак - жертва"**

Динаміка біоценозу. Види біотичних взаємовідносин. Внутрішньовидова та міжвидова конкуренція. Механізми конкуренції. Основні види моделей росту чисельності популяцій. Модель поширення інфекційних хвороб. Якісні методи дослідження моделей екологічних спільнот. Поняття про фазові портрети екологічних спільнот.

**Тема лекційного заняття 4. Статистичне моделювання в екології. Регресійні моделі. Метод найменших квадратів.**

Основні види математичних моделей екосистем. Статистичне моделювання в екології. Основні визначення і описи випадкових величин. Поняття про випадкові функції та поля. Основні статистичні характеристики випадкових полів. Визначення відносної величини продукції рослинності зі встановленим рівнем. Регресійні моделі. Метод найменших квадратів. Статистика і дисперсійний аналіз в обробці даних екологічних досліджень. Динамічні моделі екосистем

**Тема лекційного заняття 5. Принципи математичного моделювання міграції хімічних елементів інкорпорованих в живі організми.**

Поняття про функцію утримання. Приклади моделей розповсюдження хімічних елементів в організмі людини. Методи оцінки дозованих навантажень на населення при дії ядерного опромінення. Приклади метаболічних моделей хімічних елементів в організмі сільськогосподарських тварин.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.**

### **Принципи математичного моделювання міграції. Природа і властивості матеріалів, що забруднюють оточення, і закони їх дифузії.**

**Тема лекційного заняття 1. Компартментний метод моделювання екосистем.**

Агроекосистеми, природні та напівприродні екосистеми. Метод кінетичних рівнянь та метод функцій утримання. Приклади сучасних моделей міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами. Урахування ландшафтних особливостей при моделюванні стану довкілля. (на прикладі радіоекологічної обстановки у регіоні Українського Полісся). Критичні екосистеми. Міграція радіонуклідів у прісноводних екосистемах. Надходження радіонуклідів у донні відкладення. Міграція та накопичення радіонуклідів у біоті водних екосистем, агроекосистем, природні та напівприродні екосистеми. Метод кінетичних рівнянь та метод функцій утримання. Приклади сучасних моделей міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами.

**Тема лекційного заняття 2. Поняття про сучасні моделі міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами.**

Урахування ландшафтних особливостей при моделюванні стану довкілля (на прикладі радіоекологічної обстановки у регіоні Українського Полісся). Критичні екосистеми. Міграція радіонуклідів у прісноводних екосистемах. Надходження радіонуклідів у донні відкладення. Міграція та накопичення радіонуклідів у біоті водних екосистем. Особливості міграції радіоактивного забруднення у лісовій екосистемі

**Тема лекційного заняття 3. Природа та властивості основних речовин, забруднюючих навколишнє середовище.**

Поняття про джерела забруднення. Точкові, лінійні та площинні джерела. Розсіювання забруднювачів в атмосфері. Точкові джерела на висоті Н над рівнем землі та на рівні землі. Лінійні джерела забруднення.

**Тема лекційного заняття 4. Процеси сухого та мокрого випадання забруднення.**

Механізми позакореневого надходження забруднення в рослини. Коефіцієнти перехвату забруднення рослинами. Транслокація. Ресуспензія та адгезія. Поведінка поллютантів у ґрунті. Вертикальна міграція поллютантів у ґрунті. Механізми надходження забруднення із ґрунту в рослини. Поняття про коефіцієнти переходу поллютантів із ґрунту в рослини та їх накопичення у рослинах. Залежність коефіцієнтів переходу та накопичення від властивостей ґрунту. Вторинне аеральне забруднення рослин.

**Тема лекційного заняття 5. Підходи до математичного моделювання урбаністичних екосистем.**

Використання математичних моделей для аналізу економічних наслідків впливу виробництва на населення та довкілля (аналіз співвідношення користь – шкода). Поняття про сучасні автоматизовані системи стеження, оцінки та прогнозу стану довкілля. Загальний екологічний стан на території України. Сучасні автоматизовані системи контролю, оцінка і прогноз стану довкілля. Теплові і атомні енергетичні установки як джерела надходження радіонуклідів у навколишнє середовище.

**Структура навчальної дисципліни**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лб	інд	с.р		л	п	лб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Методи математичних досліджень стану екологічних систем.												
Тема 1. Поняття математичної моделі. Основні принципи та прийоми математичного моделювання	15	2		2		8	12	1		1		10
Тема 2. Технологія математичного моделювання. Використання ЕОМ у математичному моделюванні.	16	2		2		8	11			1		10
Тема 3. Популяційні моделі. Моделі типу "хижак - жертва"	15	3		3		6	12	1		1		10
Тема 4. Статистичне моделювання в екології. Регресійні моделі. Метод	18	3		3		6	12	1		1		10

найменших квадратів.											
Тема 5. Принципи математичного моделювання міграції хімічних елементів інкорпорованих в живі організми	17	3		3		6	11			1	12
Разом за змістовим модулем 1	60	13		13		34	60	3		5	52
Змістовий модуль 2. Принципи математичного моделювання міграції. Природа і властивості матеріалів, що забруднюють оточення, і закони їх дифузії.											
Тема 1. Компартментний метод моделювання екосистем.	12	2		2		8	12	1		1	10
Тема 2. Поняття про сучасні моделі міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами.	12	3		3		6	11			1	10
Тема 3. Природа та властивості основних речовин, забруднюючих навколишнє середовище	12	2		2		8	12	1		1	10
Тема 4. Процеси сухого та мокрого випадання забруднення (седиментації).	12	3		3		6	12	1		1	10
Тема 5. Підходи до математичного моделювання урбаністичних екосистем.	12	3		3		6	11			1	12
Разом за змістовим модулем 2	60	13		13		34	60	3		5	52
Усього годин	120	26		26		68	218	6		10	104

### 5 Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено робочим навчальним планом	

### 6 Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено робочим навчальним планом	

### 7 Теми лабораторних занять (мабуть це все-таки практичні , а не лабораторні)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	



1	Технологія математичного моделювання. Використання ЕОМ у математичному моделюванні. Статистичне моделювання в екології. Регресійні моделі. Метод найменших квадратів	2
2	Принципи інформаційного забезпечення математичного моделювання. Статистика та дисперсійний аналіз в обробці даних екологічних досліджень	2
3	Популяційні моделі. Моделі типу "хижак - жертва"	2
4	Моделювання розвитку інфекційних захворювань рослин	2
5	Принципи математичного моделювання міграції хімічних елементів інкорпорованих в живі організми	2
6	Приклади моделей розповсюдження хімічних елементів по організму людини	2
7	Методи оцінки дозованих навантажень на людину при дії ядерної радіації	2
8	Приклади моделей розповсюдження хімічних елементів по організму сільськогосподарських тварин	2
9	Компартментний метод моделювання екосистем. Агроекосистеми, природні та напівприродні екосистеми. Метод кінетичних рівнянь та метод функцій утримання.	2
10	Поняття про сучасні моделі міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами.	2
11	Міграція радіонуклідів у прісноводних екосистемах. Надходження радіонуклідів у донні відкладення. Міграція та накопичення радіонуклідів у біоті водних екосистем.	2
12	Особливості міграції радіоактивного забруднення у лісовій екосистемі.	2
13	Моделювання міграції радіонуклідів в агро екосистемах (колективне та приватне господарство).	2

### 8. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено робочим навчальним планом	

### 9. Зразки контрольних питань, комплектів тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Методи математичних досліджень стану екологічних систем.
2. Поняття математичної моделі. Основні принципи та прийоми математичного моделювання. Основні види математичних моделей екосистем.
3. Технологія математичного моделювання. Використання ЕОМ у математичному моделюванні.
4. Системи та моделі. Класифікація математичних моделей. Математичні моделі як складова екологічного моніторингу.
5. Статистичне моделювання в екології. Регресійні моделі. Метод найменших квадратів.
6. Принципи інформаційного забезпечення математичного моделювання. Статистика та дисперсійний аналіз в обробці даних екологічних досліджень
7. Оптимізаційні моделі. Задачі оптимізації в екології.
8. Методи динамічних моделей в екології. Системи диференціальних рівнянь, як основний апарат математичного моделювання екологічних процесів. Параметричний підхід. Метод механістичних моделей

9. Популяційні моделі. Моделі типу "хижак - жертва"
10. Моделювання розвитку інфекційних захворювань рослин
11. Принципи математичного моделювання міграції хімічних елементів інкорпорованих в живі організми
12. Приклади моделей розповсюдження хімічних елементів по організму людини.
13. Методи оцінки дозових навантажень на людину при дії ядерної радіації
14. Приклади моделей розповсюдження хімічних елементів по організму сільськогосподарських тварин
15. Принципи математичного моделювання міграції полютантів харчовими ланцюгами (на прикладі радіонуклідів).
16. Компаративний метод моделювання екосистем. Агро екосистеми, природні та напівприродні екосистеми. Метод кінетичних рівнянь та метод функцій утримання.
17. Поняття про сучасні моделі міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами.
18. Міграція радіонуклідів у прісноводних екосистемах. Надходження радіонуклідів у донні відкладення. Міграція та накопичення радіонуклідів у біоті водних екосистем.
19. Особливості міграції радіоактивного забруднення у лісовій екосистемі.
20. Моделювання міграції радіонуклідів в агро екосистемах (колективне та приватне господарство).
21. Урахування ландшафтних особливостей при моделюванні стану довкілля (на прикладі радіоекологічної обстановки у регіоні Українського Полісся). Критичні екосистеми.
22. Природа, властивості речовин, забруднюючих навколишнє середовище, та закони їх поширення
23. Природа та властивості основних речовин, забруднюючих навколишнє середовище. Поняття про джерела забруднення. Точкові, лінійні та площинні джерела.
24. Розсіювання забруднювачів в атмосфері. Точкові джерела на висоті Н над рівнем землі та на рівні землі. Лінійні джерела забруднення.
25. Процеси сухого та мокрого випадання забруднення.
26. Механізми позакореневого надходження забруднення в рослини. Коефіцієнти перехвату забруднення рослинами. Транслокація. Ресуспензія та адгезія.
27. Поведінка полютантів у ґрунті. Вертикальна міграція полютантів у ґрунті.
28. Механізми надходження забруднення із ґрунту в рослини. Поняття про коефіцієнти переходу полютантів із ґрунту в рослини та їх накопичення у рослинах. Залежність коефіцієнтів переходу та накопичення від властивостей ґрунту. Вторинне аеральне забруднення рослин.
29. Поняття про самоочищення та методи реабілітації ґрунтів. Фіто – та біоремідація.
30. Використання математичних моделей для аналізу економічних наслідків впливу виробництва на населення та довкілля (аналіз співвідношення користь – шкода). Поняття про сучасні автоматизовані системи стеження, оцінки та прогнозу стану довкілля.

### Зразки тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1	Методи оцінки дозованих навантажень на людину при дії ядерної радіації
2	Регресійні моделі. Метод найменших квадратів
<b>Тестові завдання</b>	
<b>Питання 1. Детермінована математична модель:</b>	
1.	модель, в якій усі параметри системи є причинно обумовленими
2.	модель, в якій усі впливи на систему можна вважати причинно обумовленими
3.	модель яка побудована на основі алгебраїчних рівнянь

4.	модель яка побудована на основі лінійних диференціальних рівнянь першого порядку
5.	модель, в якій усі параметри та впливи вважаються причинно обумовленими,
	<b>Питання 2. Верифікація математичної моделі::</b>
1	Порівняння результатів моделювання та експериментально знайдених.
2	Перевірка рівнянь, що входять до моделі
3	Процес визначення параметрів моделі
4	Процес виявлення параметрів, які мають стохастичну природу.
	<b>Питання 3. Валідація математичної моделі:</b>
1	Порівняння результатів моделювання та експериментально знайдених.
2	Процес визначення параметрів моделі
3	Перевірка рівнянь, що входять до моделі, на сумісність
4	Метод уточнення числових значень параметрів
	<b>Питання 4. Міра складності екосистеми:</b>
1	Число компартментів, які входять до складу моделі
2	Логарифм числа класів впорядкованого статистичного ряду
3	Число класів у варіаційному ряді
4	Загальне число параметрів моделі-
	<b>Питання 5. Стохастичні моделі:</b>
1	Моделі, до складу яких входять параметри, які є функціями часу.
2	Моделі, до складу яких входять параметри, значення яких описуються випадковими величинами.
3	Моделі, в яких час змінюється покроково
4	Модель, яка описується нелінійними рівняннями відносно змінних стану
	<b>Питання 6. Агроекологічний моніторинг:</b>
1	Визначення параметрів та властивостей ґрунту
2	Прогнозування продуктивності урожаю
3	Система спостережень, оцінки та прогнозування агроекосистем
4	Процес взяття проб ґрунту
	<b>Питання 7. Регресійна модель будується коли::</b>
1	Процеси у системі невідомі і необхідно визначити кількісні характеристики міжелементних зв'язків.
2	Між вхідним та вихідним факторами існує лінійна залежність
3	Між вхідним та вихідним факторами існує нелінійна залежність
4	Коефіцієнт кореляції між вхідними та вихідними факторами близький до нуля.
	<b>Питання 8 Які властивості екосистем визначаються за класифікаційною діаграмою:</b>
1	Ступінь детермінованості системи
2	Міра складності та відносна організація системи
3	Ступінь стохастичності системи
4	Число компартментів екосистеми
	<b>Питання 9. Кореляційне відношення застосовується:</b>
1	Коли коефіцієнт кореляції дорівнює нулю
2	Коли коефіцієнт кореляції від'ємний

3	При нелінійній залежності між ознаками, для визначення тісноти зв'язку між ними
4	Коли коефіцієнт кореляції додатній
	<b>Питання 10. Якщо коефіцієнт кореляції двох систем випадкових величин значно менший за одиницю, то ці величини є залежні чи незалежні?:</b>
1	Залежні
2	Незалежні
3	Однозначно стверджувати не можна
4	Для однозначної відповіді потрібно знати знак коефіцієнта кореляції

## 10 Методи навчання

Успіх навчання загалом залежить від внутрішньої активності студентів, від характеру їхньої діяльності. Саме характер діяльності, ступінь самостійності та творчості мають бути важливими критеріями у виборі методу.

Пояснювально-ілюстративний метод. Студенти здобувають знання, слухаючи розповідь, лекцію, з навчальної або методичної літератури, через екранний посібник у "готовому" вигляді. Сприймаючи й осмислюючи факти, оцінки, висновки, вони залишаються в межах репродуктивного (відтворювального) мислення. Такий метод якнайширше застосовують для передавання значного масиву інформації. Його можна використовувати для викладення й засвоєння фактів, підходів, оцінок, висновків.

Репродуктивний метод. Ідеться про застосування вивченого на основі зразка або правила. Діяльність тих, кого навчають, є алгоритмічною, тобто відповідає інструкціям, розпорядженням, правилам - в аналогічних до представленого зразка ситуаціях.

Метод проблемного викладення. Використовуючи будь-які джерела й засоби, педагог, перш ніж викладати матеріал, ставить проблему, формулює пізнавальне завдання, а потім, розкриваючи систему доведень, порівнюючи погляди, різні підходи, показує спосіб розв'язання поставленого завдання. Студенти стають ніби свідками і співучасниками наукового пошуку.

Частково-пошуковий, або евристичний метод. Його суть - в організації активного пошуку розв'язання висунутих педагогом (чи самостійно сформульованих) пізнавальних завдань або під керівництвом педагога, або на основі евристичних програм і вказівок. Процес мислення набуває продуктивного характеру, але його поетапно скеровує й контролює педагог або самі студенти на основі роботи над програмами (зокрема й комп'ютерними) та з навчальними посібниками. Такий метод, один з різновидів якого є евристична бесіда, - перевірений спосіб активізації мислення, спонукання до пізнання.

Дослідницький метод. Після аналізу матеріалу, постановки проблем і завдань та короткого усного або письмового інструктажу ті, кого навчають, самостійно вивчають літературу, джерела, ведуть спостереження й виміри та виконують інші пошукові дії. Ініціатива, самостійність, творчий пошук виявляються в дослідницькій діяльності найповніше. Методи навчальної роботи безпосередньо переходять у методи, які імітують, а іноді й реалізують науковий пошук.

Отже, розглянуто шість підходів до класифікації методів навчання, шість

## 11 Форми контролю

Контроль знань і умінь студентів (поточний і підсумковий) з дисципліни здійснюють згідно з кредитно-модульною системою організації навчального процесу. Рейтинг студента із засвоєння дисципліни визначається за 100 бальною шкалою. Він складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

Критерії оцінки рівня знань на лабораторних, семінарських та практичних заняттях. На лабораторних заняттях кожен студент з кожної теми виконує індивідуальні завдання. Рівень знань оцінюється: “відмінно” – студент дає вичерпні, обгрунтовані, теоретично і практично вірні відповіді не менш ніж на 90% запитань, рішення задач та лабораторні вправи вірні, демонструє знання підручників, посібників, інструкцій, проводить узагальнення і висновки, акуратно оформляє завдання, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; “добре” – коли студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій і розрахунків, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді, був присутній на лекціях, має конспект лекцій чи реферати з основних тем курсу; “задовільно” – коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 60% питань, або на всі запитання дає недостатньо обгрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки, які виправляє за допомогою викладача. При цьому враховується наявність конспекту за темою завдань та самостійність; “незадовільно з можливістю повторного складання” – коли студент дає правильну відповідь не менше ніж на 35% питань, або на всі запитання дає необгрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки. Має неповний конспект лекцій.

Підсумкова (загальна оцінка) курсу навчальної дисципліни. Є сумою рейтингових оцінок (балів), одержаних за окремі оцінювані форми навчальної діяльності: поточне та підсумкове тестування рівня засвоєності теоретичного матеріалу під час аудиторних занять та самостійної роботи (модульний контроль); оцінка (бали) за виконання лабораторних досліджень. Підсумкова оцінка виставляється після повного вивчення навчальної дисципліни, яка виводиться як сума проміжних оцінок за змістовні модулі. Остаточна оцінка рівня знань складається з рейтингу з навчальної роботи, для оцінювання якої призначається 70 балів, і рейтингу з атестації (екзамену) – 30 балів.

## 12 Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи $R_{HP}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{ДР}$	Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$	Підсумкова атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

Відповідно до «Положення про кредитно-модульну систему навчання в НУБіП України», затвердженого ректором університету 03.04.2009 р., рейтинг студента з навчальної роботи  $R_{HP}$  стосовно вивчення певної дисципліни визначається за формулою

$$R_{HP} = \frac{0,7(R_{OM}^1 \cdot K_{OM}^1 + R_{OM}^2 \cdot K_{OM}^2)}{K_{ДИС}} + R_{ДР} - R_{ШТР},$$

де  $R_{OM}^1, R_{OM}^2$  - рейтингові оцінки зі змістових модулів за 100-бальною шкалою;

$K_M^1, K_M^2$  - кількість кредитів ECTS, передбачених робочим навчальним планом для відповідного змістового модуля;

$R_{ДИС} = R_{HP} + 0,3R_{AT}$  - рейтинг студентів з дисципліни.

$R_{ДР}$  - рейтинг з додаткової роботи;

$R_{ШТР}$  - рейтинг штрафний.

Формула для підрахунку рейтингу з навчальної роботи з урахуванням кількості кредитів для змістових модулів має вигляд

$$R_{HP} = \frac{0,7 \cdot (R_{OM}^1 \cdot 3,56 + R_{OM}^2 \cdot 3,57)}{7,13} + 10 - 5$$

**Рейтинг з додаткової роботи**  $R_{др}$  додається до  $R_{HP}$  і не може перевищувати 20 балів. Він визначається лектором і надається студентам рішенням кафедри за виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня знань студентів з дисципліни.

**Рейтинг штрафний**  $R_{штр}$  не перевищує 5 балів і віднімається від  $R_{HP}$ . Він визначається лектором і вводиться рішенням кафедри для студентів, які матеріал змістового модуля засвоїли невчасно, не дотримувалися графіка роботи, пропускали заняття тощо.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

### Рейтингові оцінки зі змістових модулів

	Перелік завдань з навчальної роботи	Бали за завдання	Рейтингова оцінка		
			навчальної роботи	з атестації	підсумкова з модуля
<b>I модуль</b>	Л.р.№1 Технологія математичного моделювання. Використання ЕОМ у математичному моделюванні. Статистичне моделювання в екології. Регресійні моделі. Метод найменших квадратів	<b>10</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
	Л.р. №2 Принципи інформаційного забезпечення математичного моделювання. Статистика та дисперсійний аналіз в обробці даних екологічних досліджень	<b>10</b>			
	Л.р. №3 Популяційні моделі. Моделі типу "хижак - жертва"	<b>10</b>			
	Л.р. №4 Моделювання розвитку інфекційних захворювань рослин	<b>10</b>			
	Л.р.№5 Принципи математичного моделювання міграції хімічних елементів інкорпорованих в живі організми	<b>10</b>			
	Л.р.№6 Приклади моделей розповсюдження хімічних елементів по організму людини	<b>10</b>			
	Л.р.№7 Методи оцінки дозованих навантажень на людину при дії ядерної радіації	<b>10</b>			

<b>2 модуль</b>	Л.р. №8 Приклади моделей розповсюдження хімічних елементів по організму сільськогосподарських тварин	<b>10</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>100</b>
	Л.р. №9 Компартментний метод моделювання екосистем. Агроекосистеми, природні та напівприродні екосистеми. Метод кінетичних рівнянь та метод функцій утримання.	<b>10</b>			
	Л.р.№10 Поняття про сучасні моделі міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами.	<b>15</b>			
	Л.р. №11 Міграція радіонуклідів у прісноводних екосистемах. Надходження радіонуклідів у донні відкладення. Міграція та накопичення радіонуклідів у біоті водних екосистем.	<b>15</b>			
	Л.р. №12 Особливості міграції радіоактивного забруднення у лісовій екосистемі.	<b>10</b>			
	Л.р. №13 Моделювання міграції радіонуклідів в агро екосистемах (колективне та приватне господарство).	<b>10</b>			

### 13 Методичне забезпечення

1. Електронний навчальний курс «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (посилання на ресурс - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=189> )
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичне моделювання та застосування ЕОМ в еко- та біотехнологіях» для студентів спеціальностей 101 – «Екологія» та 62 – «Біотехнологія» / Мірошніченко О.Ю., Осипова Т.Ю., Касаткін Д.Ю. - К.: ВЦ НУБіП України, 2022, - 87 стор.

### 14 Рекомендована література

#### Базова

1. «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (2 видання) підручник / Ясковець І.І. Осипова Т.Ю. Касаткін Д.Ю. Харчук Н.С. // НУБіП України, - Київ, Видавничий центр Компринт 2020, 44 уда.)
2. «Моделювання та прогнозування стану довкілля» навчальний посібник / Ясковець І.І. Протас Н.М. Осипова Т.Ю. Касаткін Д.Ю. // НУБіП України, - Київ, Видавничий центр Компринт 2018, 41 уда.)
3. «Інформатика і системологія» підручник / Касаткін Д.Ю., Блозва А.І., Касаткіна О.М. // НУБіП України, - Київ, ВЦ Компринт. – 2017. – 522 с.
4. Мокін, Б. І. Методологія та організація наукових досліджень : підручник – вид. 3-е, змін. та доп. [Електронний ресурс] / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, В. Б. Мокін. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – (PDF, 230 с.). <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/805>

#### Допоміжна

5. Осипова Т.Ю., Касаткін Д.Ю., Савицька Я.А., Харчук Н.С. “Computational Mathematics and Programming” [навчальний посібник англ.мовою “Обчислювальна математика та програмування”] / Т.Ю.Осипова, Д.Ю. Касаткін, Я.А. Савицька, Н.С. Харчук// - К.: ВЦ Компринт, 2022.- 388с.
6. Мокін, Б. І. Методологія та організація наукових досліджень : підручник – вид. 3-е, змін. та доп. / Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, В. Б. Мокін. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – (PDF, 230 с.). <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/805>
7. Берк Кеннет, Кэйри Патрик. Аналіз даних за допомогою Excel. / Переклад. с англ. – К.: ВЦ “Вільямс”, 2014.- 832 с.
8. Леснікова І.Ю., Харченко Є.М. Основи роботи і вирішення задач сільського господарства в середовищі електронних таблиць EXCEL. – Дніпропетровськ: Пороги, 2002.- 146 с.

### 15 Інформаційні ресурси

1. <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=189>
2. <http://www.novaecologia.org/voecos-1606-1.html>
3. [https://studopedia.com.ua/1\\_38471\\_ekologichne-prognozuvannya.html](https://studopedia.com.ua/1_38471_ekologichne-prognozuvannya.html)