

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра екології та ботаніки**

**«Затверджую»**

**Завідувач кафедри  
екології та ботаніки**

*(В.Г. Скляр)*

*« 15 » лютого* 2020 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (СИЛАБУС)**

**ОК. 28 МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ**

**Спеціальність 101 «Екологія»**

**Освітня програма: «ЕКОЛОГІЯ»; ПЕРШИЙ (БАКАЛАВРСЬКИЙ)  
РІВЕНЬ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**Факультет: *Агротехнологій та природокористування***

2020-2021 н. р.

Робоча програма з «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для студентів за спеціальністю: 101 «Екологія»

Розробник: д. б. н., професор кафедри екології та ботаніки

Скляр В.Г. 

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри екології та ботаніки

Протокол від 11 червня 2020 року №17

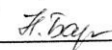
Завідувач кафедри  (Скляр В.Г.)

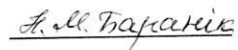
**Погоджено:**

Гарант освітньої програми  (Скляр В.Г.)

Декан факультету  І.М. Коваленко

Методист відділу якості освіти,  
ліцензування та акредитації





Зареєстровано в електронній базі: дата: 15.06. 2020 р.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни		
		денна форма навчання	заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 6,5	Галузь знань: <i>10 Природничі науки</i>	<i>Нормативна</i>		
Модулів – 4	Спеціальність: <i>101 Екологія</i>	<b>Рік підготовки:</b>		
Змістових модулів: 5		2020-2021-й		
		<b>Курс</b>		
		4		
		<b>Семестр</b>		
Загальна кількість годин - 195		7, 8-й		
		<b>Лекції</b>		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента - 3		24 год. (12+12)		
	<b>Практичні, семінарські</b>			
	52 год. (26+26)			
	<b>Лабораторні</b>			
	-			
	<b>Самостійна робота</b>			
	119 год. (52+57)			
<b>Індивідуальні завдання:</b> МКР - 10 год.				
Вид контролю: <i>Залік, іспит</i>				

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання - 39,0/69,0 (76/119)

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок у галузі математичного моделювання та прогнозування процесів, які відбуваються у довкіллі, а також застосування цих моделей і прогнозів для забезпечення охорони природи та впровадження раціонального природокористування.

**Завдання:** навчити студентів основам використання методів моделювання та прогнозування при оцінці, аналізі антропогенного впливу на довкілля та при визначенні заходів, спрямованих на забезпечення його охорони та впровадження раціонального природокористування; на основі оволодіння знаннями та навичками моделювання та прогнозування стану довкілля формування у студентів здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування.

**У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:**

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- Визначення понять «модель» та «прогноз».
- Типи моделей, що використовуються у галузі охорони довкілля. Етапи моделювання та їх послідовність.
- Програмні засоби та інформаційних ресурси, які можуть бути використані в системі робіт із моделювання та прогнозування стану довкілля;
- Базові поняття теорії ймовірностей і математичної статистики.
- Базові поняття вибіркового методу.
- Основні поняття кореляційного та регресійного аналізу.
- Процедури оцінки параметрів регресійної моделі та якості підгонки.
- Умови використання регресійного аналізу.
- Основні поняття теорії випадкових процесів.
- Методи оцінки тренду та сезонної компоненти випадкового процесу.
- Базові концепції геостатистики.
- Сучасні підходи та методи моделювання і прогнозування процесів в гідросфері та наслідків антропогенного впливу на неї.
- Концептуальні моделі розповсюдження забруднюючих речовин у водних об'єктах та атмосфері.
- Загальне рівняння транспорту забруднюючих речовин.
- Математичну модель дифузії речовин.
- Модель евтрофікації водних об'єктів.
- Модель балансу розчиненого кисню в водних об'єктах.
- Модель біоаккумуляції забруднення.
- Особливості моделювання різних типів водних об'єктів.
- Сучасні підходи та методи моделювання і прогнозування процесів в атмосфері та наслідків антропогенного впливу на неї.
- Процеси розповсюдження забруднення в атмосферному повітрі.
- Основні моделі розповсюдження забруднення в атмосферному повітрі.
- Сучасні підходи та методи моделювання і прогнозування процесів в літосфері та наслідків антропогенного впливу на неї.
- Концептуальна модель міграції радіонуклідів.

- Сучасні підходи та методи моделювання і прогнозування процесів в біосфері та наслідків антропогенного впливу на неї.
- Сучасні моделі колообігу хімічних елементів у біосфері.
- Сучасні підходи та методи моделювання і прогнозування глобальних біосферних процесів.
- Підходи до моделювання динаміки еколого-економічних систем.
- Головні положення концептуальної моделі біосфери Вернадського.
- Правила і вимоги щодо реалізації та впровадження математичного моделювання і прогнозування у системі заходів із екологізації агросфери

**вміти:**

- Оптимально визначати клас моделей та засобів моделювання, який є необхідним для розв'язання практичної задачі, спрямованої на забезпечення охорони довкілля та раціонального природокористування.
- Визначати програму розробки моделі. Оцінювати необхідні ресурси.
- Оцінювати доцільність і можливість використання регресійної моделі. Вибирати модель.
- Оцінювати параметри регресійної моделі.
- Оцінювати якість моделі і якість відповідного прогнозу.
- Виділяти тренд і сезонну складову в часовому рядку. Оцінювати тренд.
- Оцінювати параметри процесу ARIMA. Виконувати прогноз на основі отриманої моделі.
- Оцінювати параметри моделі процесу зі стаціонарними прирощеннями. Виконувати прогноз на основі отриманої моделі.
- Прогнозувати вплив техногенних процесів та агровиробництва на довкілля.
- Використовувати результати моделювання та прогнозування стану довкілля при розв'язанні питань управління та поведження з відходами.
- Здійснювати та впроваджувати математичне моделювання і прогнозування у системі заходів із екологізації агросфери.
- Застосовувати сучасні підходи та методи при моделюванні і прогнозуванні процесів в різних геосферах та попередження, ліквідації наслідків негативного антропогенного впливу на них.
- Використовувати різноманітні програмні засоби та інформаційні ресурси при здійсненні моделювання та прогнозування на стан довкілля.
- Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень.
- Обирати оптимальну стратегію громадських слухань щодо проблем охорони довкілля загалом та біорізноманіття, зокрема.
- Працювати в команді, використовувати навички взаємодії із іншими особами, а також адаптуватися і діяти у новій ситуації.
- Оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

*За результатами вивчення дисципліни студент має досягнути наступних програмних результатів навчання набути таких компетентностей (відповідно до вимог Освітньо-професійної програми 2020 р.):*

**- Програмні результати навчання:**

ПР05. Знати концептуальні основи моніторингу та нормування антропогенного навантаження на довкілля.

ПР09. Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення.

ПР11. Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.

ПР 28. Уміти переносити систему теоретичних агроекологічних знань у сферу практичної діяльності із охорони біорізноманіття та довкілля під час ведення сільського господарства (Додаток 1)

**- Компетентності:**

*Загальні компетентності:*

K03. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

K07. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

K08. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

K11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

*Спеціальні компетентності :*

K16. Розуміння основних теоретичних положень, концепцій та принципів математичних та соціально-економічних наук.

K18. Здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

K20. Здатність проводити екологічний моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.

K22. Здатність до участі в розробці системи управління та поводження з відходами виробництва та споживання.

K26. Здатність до участі в управлінні природоохоронними діями та/або екологічними проектами.

K28. Здатність до оцінки впливу на стан довкілля різних технологій та видів природокористування, обумовлених веденням сільського господарства, до виявлення екологічних ризиків, пов'язаних агровиробництвом

K29. Здатність обґрунтовувати, розробляти та впроваджувати заходи, спрямовані на екологізацію агросфери

### **3. Програма навчальної дисципліни**

**Затверджено: Рішенням Вченої ради Сумського національного аграрного університету, протокол №5 від 31 жовтня 2019 року**

## **МОДУЛЬ 1**

## **Змістовий модуль 1. Понятійний апарат та базові правила і вимоги щодо формування вихідних даних в системі моделювання і прогнозування стану довкілля**

**Тема 1. Загальні особливості та вимоги використання моделювання та прогнозування в галузі охорони довкілля.** Поняття «модель». Основні принципи математичного та імітаційного моделювання. Системний підхід до побудови математичних моделей. Основні етапи розробки та використання моделі. Етапи розробки імітаційної моделі. Класифікації моделей. Використання математичного моделювання в галузі охорони довкілля. Верифікація моделі. «Зворотна задача» в моделюванні. Іспит моделі. Поняття «прогноз». Моделювання як етап прогнозування. Ситуаційний прогноз. Теоретико-методологічні засади прогнозування.

**Тема 2. Ознаки біологічних та екологічних об'єктів як базова основа для розробки моделей та прогнозів.** Поняття про ознаки. Ознаки та властивості об'єктів. Методи оцінки поточного стану довкілля, їх різноманітність, сутність та особливості. Кількісні та якісні ознаки. Ранги та ранжування. Кодування якісних ознак. Сезонність. Мінливість ознак з часом. Таблиці випадкових чисел та сучасні методи генерування випадкових чисел. Форми представлення вихідного матеріалу, отриманого під час досліджень. Сучасні комп'ютерні статистичні пакети та пакети наукової графіки, дво- та тривимірні моделі. Спеціальні комп'ютерні програми та кібернетичні методи дослідження.

**Тема 3. Математична статистика як інструмент аналізу вихідних даних, які використовуються для розробки моделей та прогнозів.** Сутність математико-статистичних методів оцінки експериментальних даних. Використання цих методів для розробки статистичних математичних моделей та прогнозів. Основні поняття теорії імовірності. Математична статистика та різноманітність вирішуваних нею завдань. Статистичне оцінювання. Концепція рандомізації. Репрезентативність вихідного матеріалу. Поняття про помилки. Систематичні та випадкові помилки. Прийняття рішення.

## **МОДУЛЬ 2.**

### **Змістовий модуль 2. Теорії оцінювання та перевірка статистичних гіпотез**

**Тема 4. Ряди розподілу та їх статистичне оцінювання.** Поняття про генеральну сукупність та вибірку. Поняття про статистичні ряди. Теорія вибірок. Великі й малі вибірки. Вимоги до формування вибірок. Визначення статистично достатнього обсягу вибірок. Різноманітність рядів розподілу. Перевірка статистичних рядів на відповідність нормальному статистичному розподілу. Нормальний імовірнісний графік. Коефіцієнти асиметрії та

ексцесу. Робастність в статистиці. Виявлення та вибраковування "вискакуючих" значень. Трансформація статистичних рядів.

**Тема 5. Теорія оцінювання.** Метод максимальної правдоподібності і метод найменших квадратів. Точкове оцінювання та його застосування в екології. Точкові параметри. Середнє та його види: середнє арифметичне, медіана, мода. Їх властивості. Математичне очікування як характеристика центру розподілу. Показники розсіювання. Розмах. Стандартне відхилення. Дисперсія. Похибка середнього арифметичного. Мінливість. Коефіцієнт варіації та коефіцієнт Джині. Інтервальне оцінювання, його сутність та застосування в екології. Поняття про довірчі рівні та їх границі. Оцінка часток. Графічне представлення результатів. "Ящик з вусами". Використання точкового та інтервального оцінювань в системі заходів із оцінки та прогнозування стану довкілля. Точкове та інтервальне оцінювання як складові комплексу математико-статистичних розрахунків із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. Точкове та інтервальне оцінювання в системі заходів із оцінки відповідності прогнозних значень нормативним показникам щодо антропогенного навантаження на довкілля. Результати точкового та інтервального оцінювання як базова основа для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери: визначення оптимальних доз та строків внесення добрив, термінів і способів сівби рослин, сортового і видового складу посівів, способів обробітку ґрунту, визначення засад і способів захисту рослин, екоконверсії тваринництва, управління та поводження із відходами.

**Тема 6. Перевірка статистичних гіпотез.** Метод парних порівнянь та його використання при перевірці статистичних гіпотез. Оцінювання залежних та незалежних даних. Порівняння середніх арифметичних при рівних та нерівних дисперсіях. Коефіцієнт Ст'юдента. Нульова гіпотеза  $H_0$ . Найменша істотна різниця (НІР). Помилки першого та другого роду. Критерії значущості. Сенс критеріїв значущості. Форми представлення рівнів статистичної достовірності в сучасних статистичних пакетах. Метод хі-квадрат. Критерій Фішера. Параметричні та непараметричні критерії при перевірці статистичних гіпотез. Метод хі-квадрат. Метод парних порівнянь як складова комплексу математико-статистичних розрахунків із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. Метод парних порівнянь в системі заходів із оцінки відповідності прогнозних значень нормативним показникам щодо антропогенного навантаження на довкілля. Результати методу парних порівнянь як базова основа для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери: визначення оптимальних доз та строків внесення добрив, термінів і способів сівби рослин, сортового і видового складу посівів, способів обробітку ґрунту, визначення засад і способів захисту рослин, екоконверсії тваринництва, управління та поводження із відходами. За



результатами перевірки статистичних гіпотез виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх вирішення.

### МОДУЛЬ 3.

#### **Змістовий модуль 3. Провідні статистичні методи, які використовуються у системі заходів із оцінки, моделювання і прогнозування стану довкілля.**

**Тема 7. Кореляційний аналіз.** Типи залежності між ознаками. Коефіцієнт лінійної кореляції. Статистична достовірність кореляцій. Кореляційні матриці. Біологічне та агрономічне значення кореляцій. Табличне та графічне представлення результатів кореляційного аналізу. Кореляційний аналіз як складова комплексу заходів із оцінки впливу технологічних процесів та агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. За результатами кореляційного аналізу виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і шляхів їх вирішення.

**Тема 8. Дисперсійний аналіз.** Завдання та можливості дисперсійного аналізу. Основні моделі дисперсійного аналізу. Критерій Фішера. Найменша істотна різниця. Порівняння варіантів в моделях дисперсійного аналізу. Перевірка однорідності дисперсій. Метод латинського квадрату. Поняття про варіанти та повторення в польових дослідах. Блочний метод та його недоліки. Однофакторний дисперсійний аналіз - ANOVA. Двофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз - MANOVA. Взаємодія між факторами. Форма подачі результатів дисперсійного аналізу. Дисперсійний аналіз як складова комплексу математико-статистичних розрахунків із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. Дисперсійний аналіз в системі заходів із оцінки відповідності отриманих значень нормативним показникам щодо антропогенного навантаження на довкілля. Результати дисперсійного аналізу як базова основа для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери: визначення оптимальних доз та строків внесення добрив, термінів і способів сівби рослин, сортового і видового складу посівів, способів обробітку ґрунту, визначення засад і способів захисту рослин, екоконверсії тваринництва, управління та поведження із відходами.

**Тема 9. Регресійний аналіз.** Сутність регресійного аналізу. Парний регресійний аналіз. Коефіцієнти та вільні члени регресійних рівнянь. Графічне представлення результатів регресійного аналізу. Множинний регресійний аналіз. Покрокова регресія. Площина регресії. Регресійний аналіз як засіб прогнозування явищ та процесів. Регресійний аналіз як складова комплексу математико-статистичних розрахунків із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. Регресійний аналіз в системі заходів із оцінки відповідності прогнозних значень нормативним показникам щодо антропогенного навантаження на довкілля. За результатами регресійного

аналізу виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і вибір шляхів їх вирішення. Результати регресійного аналізу як базова основа для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери: визначення оптимальних доз та строків внесення добрив, термінів і способів сівби рослин, сортового і видового складу посівів, способів обробітку ґрунту, визначення засад і способів захисту рослин, екоконверсії тваринництва, управління та поводження із відходами.

**Тема 10. Багатовимірний статистичний аналіз.** Концепція "згортки" інформації. Багатоознакові системи в екології. Метрики схожості та відстаней в багатовимірному просторі. Класифікація багатовимірних спостережень. Неоднозначність багатовимірних статистичних рішень. Багатовимірний аналіз як основа для побудови наукових гіпотез, прогнозів та моделей. Кластерний аналіз. Матриця вихідних даних. Проблема вибору ознак. Інформаційний шум. Метрики схожості і відстаней у кластерному аналізі. Q- та R-техніки у кластерному аналізі: аналіз об'єктів та аналіз ознак. Графічне представлення результатів кластерного аналізу. Факторний аналіз. Матриця вихідних даних. Проблема вибору ознак. Інформаційний шум. Метрики схожості і відстаней у факторному аналізі. Q- та R-техніки у факторному аналізі: аналіз об'єктів та аналіз ознак. Графічне представлення результатів факторного аналізу. Полярна вісконсинська ординація. Матриця вихідних даних. Особливості метода. Представлення результатів. Віталітетний аналіз, його можливості та сутність. Представлення і інтерпритація результатів. Багатовимірні оцінки як складові комплексу математико-статистичних розрахунків із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. За результатами багатовимірною статистичного аналізу виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх вирішення. Результати багатовимірною аналізу як базова основа для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери: визначення оптимальних доз та строків внесення добрив, термінів і способів сівби рослин, сортового і видового складу посівів, способів обробітку ґрунту, визначення засад і способів захисту рослин, екоконверсії тваринництва, управління та поводження із відходами.

**Тема 11. Прогнозування в екології.** Теоретичні основи прогнозування. Типи моделей. Інтерполяція та її границі. Метод ARIMA. Метод ковзаючої середньої. Аналіз рядів динаміки. Компоненти ряду динаміки. Стаціонарність. Сезонність. Виявлення тренду. Графічне представлення та інтерпритація результатів тренд-аналізу. Теорія епідемій. Детерміністські та стохастичні моделі. Сучасні підходи щодо прогнозування впливу технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище. Оцінка відповідності прогнозних значень нормативним показникам щодо антропогенного навантаження на довкілля. Виявлення за результатами прогнозування, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх

вирішення. Використання результатів прогнозування при розробці екологічних проектів та визначенні комплексу природоохоронних дій. Результати прогнозування як базова основа для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери.

#### **МОДУЛЬ 4.**

##### **Змістовий модуль 4. Введення в математичні моделі популяційної екології.**

**Тема 12. Моделювання та прогнозування процесів в популяціях.** Популяції як форма існування видів рослин, кількісні та якісні ознаки популяцій. Концепція морфометрії. Моделювання чисельності популяцій. «Жорсткі» та «м'які» моделі динаміки популяцій. Моделювання ізольованої популяції. Фазовий простір. Фазовий портрет системи. Рівновага у екологічній системі. Моделювання динамічних показників популяції. Модель ізольованої популяції. Модель популяції, обмеженої зовнішніми ресурсами. Моделювання відношення «хижак – жертва». Модель відносин конкуренції «хижак-хижак» та «продуцент-продуцент». Модель популяції, що підлягає промислу. Модель Лотка-Вольтерра. Особливості моделювання та прогнозування стану популяцій рідкісних видів рослин. Моделювання популяційних процесів в природних та штучних екосистемах. Комплексний популяційний аналіз як складова комплексу досліджень із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. Популяційні характеристики як індикатор відповідності поточних та прогнозних значень стану довкілля нормативним показникам антропогенного навантаження на екосистеми. Моделювання процесів в популяціях як базова основа для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери: визначення оптимальних доз та строків внесення добрив, термінів і способів сівби рослин, сортового і видового складу посівів, способів обробітку ґрунту, визначення засад і способів захисту рослин, екоконверсії тваринництва, управління та поводження із відходами.

**Тема 13. Модель відносин конкуренції.** Модель системи трьох трофічних рівнів. Критична щільність популяції продуцента. Хвильові процеси в динаміці популяцій.

##### **Змістовий модуль 5. Моделювання і прогнозування процесів у геосферах та наслідків антропогенного впливу на довкілля.**

**Тема 14. Моделювання і прогнозування процесів в атмосфері та наслідків антропогенного впливу на неї.** Концептуальна модель поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Процеси конвекції та адвекції в атмосфері. Масова турбулентна дифузія в атмосфері. Модель гравітаційного осідання часток. Модель вологого видалення часток із атмосфери. Моделі хімічних процесів у атмосфері. Вплив поверхневого тертя на розсіювання домішок в атмосфері. Вітрові потоки, що впливають на

розсіювання домішок в атмосфері та характер і особливості такого впливу. Вплив населених пунктів на розсіювання домішок в атмосфері. Оцінка відповідності отриманих прогнозних значень нормативним показникам антропогенного навантаження на атмосферу. Моделювання та прогнозування процесів в атмосфері як складові комплексу заходів із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. Моделювання та прогнозування процесів в атмосфері як засіб виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх вирішення.

**Тема 15. Моделювання і прогнозування процесів в гідросфері та наслідків антропогенного впливу на неї.** Концептуальна модель впливу забруднення на водні екосистеми. Концептуальна модель внутрішньоводоймних процесів. Моделі навантаження на річковий басейн різноманітних джерел забруднення. Можливості й обмеження одновимірної (точкової) моделі водного об'єкту. Область її ефективного використання. Моделювання процесів стратифікації та перемішування. Моделі колообігу речовин в гідросфері. Моделювання процесів ремінералізації в водоймах. Модель азотного циклу в водоймах. Модель фосфорного циклу в водоймах. Модель динаміки біомаси фітопланктону та обмежуючі фактори. Біоаккумуляція забруднюючих речовин. Біотрансформація забруднюючих речовин. Моделювання процесів сорбції й десорбції. Стохастичне випробування детерміністської моделі. Аналіз невизначеності при обробці результатів моделювання. Сегментація та модульний підхід при моделюванні динаміки якості води водних об'єктів. Можливості та область застосування 1D (точкових), лінійних, 2D- і 3D-моделей при моделюванні якості поверхневих вод. Концептуальна модель процесу евтрофікації. Модель динаміки (балансу) розчиненого кисню. Концептуальна модель розповсюдження стійких органічних забруднюючих речовин в водному середовищі. Особливості моделювання процесів формування якості води річок і водостоків. Особливості моделювання процесів формування якості води озер і водосховищ. Врахування вертикальної стратифікації водних об'єктів при моделюванні. Особливості моделювання процесів формування якості води естуарій. Методи моделювання процесів забруднення підземних вод. Проблеми, де застосовується моделювання в області охорони підземних вод. Двохвимірна модель динаміки підземних вод. Трьохвимірна динаміка підземних вод. Граничні умови першого, другого та третього роду в гідродинамічних моделях підземних вод. Граничні умови в гідродинамічних моделях підземних вод. Методи моделювання процесів забруднення підземних вод. Моделювання адвекції та дисперсії хімічних речовин у підземних водах. Моделювання хімічних реакцій у підземних водах. Моделювання траєкторій елементів трасерів у підземних водах. Математична модель Гольдберга прогнозування ступеню забруднення водного басейну. Визначення допустимого складу стічних вод за концентрацією завислих та розчинних шкідливих речовин. Моделі

розведення стічних вод. Методика прогнозування показників якості води на основі балансового методу. Методи довгострокового прогнозування змін хімічного складу та якості поверхневих вод. Етапи довгострокового прогнозування хімічного складу води. Використання моделювання процесів динаміки якості поверхневих вод при обробці результатів моніторингу. Використання моделювання процесів динаміки якості поверхневих вод при визначенні екологічних нормативів антропогенного навантаження на водні об'єкти. Використання моделювання процесів динаміки якості поверхневих вод при оптимізації програм моніторингу. Оцінка відповідності отриманих прогнозних значень нормативним показникам антропогенного навантаження на водні об'єкти. Моделювання та прогнозування процесів в гідросфері як складові комплексу заходів із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля та визначення підходів із оптимізації природокористування. Моделювання та прогнозування процесів в гідросфері як засіб виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх вирішення.

**Тема 16. Моделювання і прогнозування процесів у літосфері та наслідків антропогенного впливу на неї.** Моделі поширення забруднень у ґрунтах. Концептуальна модель міграції радіонуклідів у екосистемах. Модель міграції радіонуклідів у ґрунтах. Моделювання міграції радіонуклідів по харчових ланцюгах Математичне моделювання властивостей та стану ґрунту на рослини. Визначення виносу біогенних елементів із сільськогосподарських угідь. Оцінка відповідності отриманих прогнозних значень нормативним показникам антропогенного навантаження та забруднення ґрунту. За результатами моделювання і прогнозування процесів в літосфері виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх вирішення. Моделювання та прогнозування процесів в літосфері як засіб виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх вирішення.

**Тема 17. Моделювання і прогнозування глобальних біосферних процесів.** Сучасні моделі кругообігу елементів в системі атмосфера – рослинність – ґрунти – океан. Роль моделювання в глобальних дослідженнях та при впровадженні системи заходів із екологізації агросфери. Система моделей глобальних біогеохімічних циклів у біосфері, вплив на них сучасного агровиробництва. Моделі кругообігу елементів в системі атмосфера – рослинність – ґрунти – океан. Принцип Ле-Шательє. Концепція сталого розвитку. Роль і місце моделювання в процесі вибору та оцінки стратегії сталого розвитку, охорони біорізноманіття та довкілля під час ведення сільського господарства. Моделювання в процесі оцінки стратегій розвитку. Сценарії розвитку водокористування, охорони водних ресурсів та прогнозування соціально-екологічних та економіко-екологічних криз. Сценарії розвитку водокористування, охорони водних ресурсів, атмосфери,

грунту в системі впровадження заходів із екологізації агросфери. Модель Форрестера.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин										
	денна форма					Заочна форма					
	Усь о- го	у тому числі				усього	у тому числі				
л		п	ла б	ін д	с.р		л	п	ла б	ін д	с. р.
<b>МОДУЛЬ 1</b>											
<b>Змістовий модуль 1. Понятійний апарат та базові правила і вимоги щодо формування вихідних даних в системі моделювання і прогнозування стану довкілля</b>											
Тема 1. Загальні вимоги та особливості щодо використання моделювання та прогнозування в галузі охорони довкілля	14	2				12					
Тема 2. Ознаки біологічних та екологічних об'єктів як базова основа для розробки моделей та прогнозів	16	2	6			8					
Тема 3. Математична статистика як інструмент аналізу вихідних даних, які використовуються для розробки моделей та прогнозів.	8					8					
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>6</b>			<b>28</b>					
<b>Разом за модулем 1</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>6</b>			<b>28</b>					
<b>МОДУЛЬ 2</b>											
<b>Змістовий модуль 2. Теорії оцінювання та перевірка статистичних гіпотез</b>											
Тема 4. Ряди розподілу та їх статистичне оцінювання	12	2	8			8					

Тема 5. Теорія оцінювання.	20	4	8			8							
Тема 6. Перевірка статистичних гіпотез.	14	2	4			8							
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>20</b>			<b>24</b>							
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>20</b>			<b>24</b>							
<b>Усього за VII семестр</b>	<b>90</b>	<b>12</b>	<b>26</b>			<b>52</b>							
<b>МОДУЛЬ 3</b>													
<b>Змістовий модуль 3. Провідні статистичні методи, які використовуються у системі заходів із оцінки, моделювання і прогнозування стану довкілля.</b>													
Тема 7. Кореляційний аналіз.	5		2			3							
Тема 8. Дисперсійний аналіз.	9	2	4			3							
Тема 9. Регресійний аналіз.	7	2	2			3							
Тема 10. Багатовимірний статистичний аналіз.	9	2	2			5							
Тема 11. Прогнозування в біології та екології	14	2	4			8							
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>44</b>	<b>8</b>	<b>14</b>			<b>22</b>							
<b>МОДУЛЬ 4</b>													
<b>Змістовий модуль 4. Введення в математичні моделі популяційної екології.</b>													
Тема 12. Моделювання та прогнозування процесів в популяціях	12		4			8							
Тема 13. Модель відносин конкуренції.	3					3							
<b>Разом за змістовим модулем 4</b>	<b>15</b>		<b>4</b>			<b>11</b>							
<b>Змістовий модуль 5. Моделювання і прогнозування процесів у геосферах та наслідків антропогенного впливу на довкілля.</b>													
Тема 14. Моделювання і	15	2	4			9							

прогнозування процесів в атмосфері наслідків антропогенного впливу на неї.													
Тема 15. Моделювання прогнозування процесів в гідросфері наслідків антропогенного впливу на неї	13	2	2			9							
Тема 16. Моделювання прогнозування процесів у літосфері наслідків антропогенного впливу на неї.	3					3							
Тема 17. Моделювання прогнозування глобальних біосферних процесів.	5		2			3							
<b>Разом за змістовим модулем 5</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>8</b>			<b>24</b>							
<b>Усього за VIII семестр</b>	<b>105</b>	<b>12</b>	<b>26</b>			<b>10 57</b>							
<b>Усього годин</b>	<b>195</b>	<b>24</b>	<b>52</b>			<b>10 109</b>							

### 5. Теми та план лекційних занять VII семестр

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<b><i>Лекція 1. Загальні вимоги та особливості використання моделювання та прогнозування в галузі охорони довкілля</i></b> 1. Основні принципи математичного моделювання. 2. Системний підхід до побудови математичних моделей. 3. Основні етапи розробки та використання моделі. 4. Класифікації моделей.	2
2	<b><i>Лекція 2. Ознаки біологічних та екологічних об'єктів як базова основа для розробки моделей та прогнозів</i></b> 1. Поняття про ознаки	2



	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. Кількісні та якісні ознаки.</li> <li>3. Сучасні статистичні пакети та пакети наукової графіки, які використовуються при розробці моделей та прогнозів</li> </ul>	
3	<p><b>Лекція 3. <i>Ряди розподілу та їх статистичне оцінювання</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Поняття про генеральну сукупність та вибірку.</li> <li>2. Поняття про статистичні ряди.</li> <li>3. Різноманітність рядів розподілу</li> <li>4. Перевірка статистичних рядів на відповідність нормальному статистичному розподілу.</li> <li>5. Вимоги до формування вибірок</li> </ul>	2
4	<p><b>Лекція 4. <i>Теорія оцінювання (1 частина)</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Точкове оцінювання та його сутність, поняття про точкові параметри</li> <li>2. Середнє та його види</li> <li>3. Показники розсіювання та варіювання</li> <li>4. Використання точкового оцінювання в системі заходів із оцінки та прогнозування стану довкілля</li> </ul>	2
5	<p><b>Лекція 5. <i>Теорія оцінювання (2 частина)</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Інтервальне оцінювання та його сутність</li> <li>2. Поняття про довірчі рівні та їх границі</li> <li>3. Графічне представлення результатів інтервального оцінювання</li> <li>4. Використання інтервального оцінювання в системі заходів із оцінки та прогнозування стану довкілля</li> </ul>	2
6	<p><b>Лекція 6. <i>Перевірка статистичних гіпотез</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Метод парних порівнянь та його використання при перевірці статистичних гіпотез. Критерій Стюдента</li> <li>2. Нульова гіпотеза <math>H_0</math></li> <li>3. Найменша істотна різниця (НІР)</li> <li>4. Метод хі-квадрат</li> </ul>	2
	<b>Разом</b>	12

### VIII семестр

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<p><b>Лекція 7. <i>Дисперсійний аналіз.</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Однофакторний дисперсійний аналіз – ANOVA, його можливості та сутність.</li> <li>2. Двофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз – MANOVA, його можливості та сутність.</li> <li>3. Форма подачі результатів дисперсійного аналізу.</li> </ul>	2
2	<p><b>Лекція 8. <i>Регресійний аналіз.</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Сутність регресійного аналізу</li> <li>2. Парний регресійний аналіз та графічне представлення його результатів</li> <li>3. Множинний регресійний аналіз</li> <li>4. Регресійний аналіз як засіб прогнозування явищ та</li> </ul>	2

	процесів.	
3	<b>Лекція 9. Багатовимірний статистичний аналіз.</b> 1. Кластерний аналіз, його можливості та сутність 2. Факторний аналіз, його можливості та сутність 3. Віталітетний аналіз, його можливості та сутність 4. Багатовимірний аналіз як основа для побудови гіпотез, прогнозів та моделей	2
4	<b>Лекція 10. Прогнозування в екології.</b> 1. Аналіз рядів динаміки. Компоненти ряду динаміки. 2. Стаціонарність. Сезонність. Виявлення тренду. 3. Графічне представлення та інтерпритація результатів тренд-аналізу.	2
5	<b>Лекція 11. Моделювання процесів в атмосфері</b> 1. Концептуальна модель поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі 2. Моделі хімічних процесів у атмосфері. 3. Моделювання та прогнозування процесів в атмосфері як засіб виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів їх вирішення.	2
6	<b>Лекція 12. Моделювання процесів в гідросфері</b> 1. Концептуальна модель впливу забруднення на водні екосистеми. 2. Моделі навантаження на річковий басейн різноманітних джерел забруднення. 3. Моделі колообігу речовин в гідросфері 4. Методи моделювання процесів забруднення підземних вод.	2
	<b>Разом</b>	<b>12</b>

**6. Теми практичних занять  
VII семестр**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Сучасні комп'ютерні статистичні пакети та пакети наукової графіки, які використовуються при моделюванні і прогнозуванні стану довкілля	4
2	Ряди розподілу та їх статистичне оцінювання. Перевірка даних на відповідність нормальному статистичному розподілу.	4
3	Трансформація статистичних рядів при розробці статистичних математичних моделей та прогнозів стану довкілля	4
4	Точкове оцінювання у системі заходів із розробки статистичних математичних моделей та прогнозів стану довкілля	4
5	Інтервальне оцінювання у системі заходів із розробки статистичних математичних моделей та прогнозів стану довкілля	4

6	Метод парних порівнянь у системі заходів із розробки статистичних математичних моделей та прогнозів стану довкілля	4
	<b>Разом</b>	26

### VIII семестр

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Кореляційний аналіз у системі заходів із розробки статистичних математичних моделей та прогнозів стану довкілля	2
2	Дисперсійний аналіз у системі заходів із виявлення впливу чинників і розробки статистичних математичних моделей стану довкілля	4
3	Регресійний аналіз у системі заходів із розробки статистичних математичних моделей та прогнозів стану довкілля	2
4	Кластерний аналіз у системі заходів із розробки статистичних математичних моделей та прогнозів стану довкілля	2
5	Прогнозування на основі методу ARIMA	4
6	Моделювання та прогнозування процесів в популяціях рідкісних рослин	4
7	Моделювання і прогнозування наслідків антропогенного впливу на атмосферу.	2
8	Моделювання і прогнозування наслідків антропогенного впливу на гідросферу.	2
9	Моделювання і прогнозування наслідків антропогенного впливу на літосферу	2
10	Моделювання і прогнозування глобальних біосферних процесів	2
	<b>Разом</b>	26

### 7. Самостійна робота VII семестр

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Загальні вимоги та особливості щодо використання моделювання та прогнозування в галузі охорони довкілля	12
2	Тема 2. Ознаки біологічних та екологічних об'єктів як базова основа для розробки моделей та прогнозів	8
3	Тема 3. Математична статистика як інструмент аналізу вихідних даних, які використовуються для розробки моделей	8

	та прогнозів.	
4	Тема 4. Ряди розподілу та їх статистичне оцінювання	8
5	Тема 5. Теорія оцінювання.	8
6	Тема 6. Перевірка статистичних гіпотез.	8
	Разом	52

### VIII семестр

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 7. Кореляційний аналіз.	3
2	Тема 8. Дисперсійний аналіз.	3
3	Тема 9. Регресійний аналіз.	3
4	Тема 10. Багатовимірний статистичний аналіз.	5
5	Тема 11. Прогнозування в біології та екології	8
6	Тема 12. Моделювання та прогнозування процесів в популяціях	8
7	Тема 13. Модель відносин конкуренції.	3
8	Тема 14. Моделювання і прогнозування процесів в атмосфері та наслідків антропогенного впливу на неї.	9
9	Тема 15. Моделювання і прогнозування процесів в гідросфері та наслідків антропогенного впливу на неї	9
10	Тема 16. Моделювання і прогнозування процесів у літосфері та наслідків антропогенного впливу на неї.	3
11	Тема 17. Моделювання і прогнозування глобальних біосферних процесів.	3
	Разом	57

### *Індивідуальне завдання*

Виконання індивідуального – підготовка курсової роботи, передбачає реалізацію декількох етапів робіт:

- ✓ Вибір теми
- ✓ Складання плану
- ✓ Складання списку літературних джерел за обраною темою
- ✓ Опрацювання матеріалу за темою обраної роботи та власне написання тексту курсової роботи
- ✓ Підготовка висновків
- ✓ Оформлення списку використаних літературних джерел
- ✓ Рецензування та захист курсової роботи

Тематика курсових проектів визначається викладачем відповідно до змісту дисципліни та переліком тем представлених, у методичці: Скляр В.Г. Методичні вказівки для виконання курсової роботи із дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля». – Суми, 2016. 17 с. Студент також має право самостійно запропонувати тему з обґрунтуванням тематики (наприклад, згідно наукових досліджень)

## 11. Методи навчання

### 1. Методи навчання за джерелом знань:

1.1. *Словесні*: розповідь, пояснення, бесіда (евристична і репродуктивна), лекція, робота з книгою.

1.2. *Наочні*: демонстрація, ілюстрація.

1.3. *Практичні*: експеримент, лабораторна робота.

### 2. Методи навчання за характером логіки пізнання.

2.1. *Аналітичний*

2.2. *Методи синтезу*

2.3. *Індуктивний метод*.

3. Методи навчання за характером та рівнем самостійної розумової діяльності студентів.

3.1. *Частково-пошуковий (евристичний)*

3.2. *Репродуктивний*

3.3. *Пояснювально-демонстративний*

4. **Активні методи навчання** - використання технічних засобів навчання, самооцінка знань, імітаційні методи навчання (побудовані на імітації майбутньої професійної діяльності), групові форми роботи, виконання творчих та евристичних завдань, використання навчальних та контролюючих тестів, інформаційно-комунікаційних технологій.

**Інтерактивні технології навчання** (використання мультимедійних та Інтернет-технологій, інтерактивних електронних таблиць, діалогове навчання, case-study (метод аналізу конкретних ситуацій), співробітництво студентів (кооперація), використання KAHOOT, GOOGLE CLASSROOM, MOODLE, та ін.).

## 12. Методи контролю

1. Рейтинговий контроль за 100-бальною шкалою оцінювання ЄКТС

2. Проведення проміжного контролю протягом семестру (проміжна атестація)

3. Полікритеріальна оцінка поточної роботи студентів:

- рівень знань, продемонстрований на практичних заняттях;
- активність під час обговорення питань, що винесені на заняття;
- результати виконання та захисту практичних робіт;
- самостійне опрацювання теми в цілому чи окремих питань;
- виконання аналітично-розрахункових завдань;
- письмові завдання при проведенні контрольних робіт;
- написання рефератів;
- результати тестування;
- виконання студентом індивідуального завдання, у т.ч. курсової роботи.

## 13. Розподіл балів, які отримують студенти

### VII семестр

Поточне тестування та самостійна робота						СРС	Разом за модулі та СРС	Атестація	Сума
Модуль 1 0-35 балів			Модуль 2 0– 35 балів						
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	15	85 (70+15)	15	100
10	10	15	10	10	15				

### VIII семестр

Поточне тестування та самостійна робота											СРС	Разом за модулі та СРС	Атестация	Підсумковий іспит	Сума
Модуль 1 (3) 0-20 балів					Модуль 2 (4) 0– 20 балів										
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2							
T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	15	55 (40+15)	15	30	100
4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3					

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
75-81	<b>C</b>	задовільно	
69-74	<b>D</b>		
60-68	<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

### Методичне забезпечення

1. Скляр В.Г., Клименко Г.О., Шерстюк М.Ю. Моделювання і прогнозування стану довкілля. Конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 101 «Екологія». ОС «Бакалавр». Суми: СНАУ, 2018. 85 с.
2. Скляр В.Г., Клименко Г.О., Шерстюк М.Ю. Моделювання і прогнозування стану довкілля. Методичні вказівки для проведення практичних робіт для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 101 «Екологія». ОС «Бакалавр». Суми: СНАУ, 2018. 77 с.
3. Скляр В.Г. Методичні вказівки для виконання курсової роботи із дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля». – Суми, 2016. 17 с.
4. Скляр В.Г., Клименко Г.О. Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля». - Суми: СНАУ, 2016. – 37 с.

### **Рекомендована література**

#### **Базова**

1. Лаврик В.І., Боголюбов В.М., Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. Моделювання і прогнозування стану довкілля. ВЦ «Академія», 2010 . – 397 с.
2. Біляєв М. М., Біляєва В. В., Кіріченко П. С. Моделювання і прогнозування стану довкілля. - Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов, 2016.- 207 с.
3. Скіп Б. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Навчальний посібник, Ч І. Чернівці "Рута", –2004. – 65с.
4. Скіп Б. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Навчальний посібник, Чернівці "Рута", II –2005. – 56 с.
5. Скіп Б.В., Філіпчук Т.В., Моделювання та прогнозування стану довкілля. Практикум, Чернівці "Рута", –2006. – 68 с.
6. Богобоящий В.В., К.Р. Чурбанов, П.Б. Палій, В.М. Шмандій Принципи моделювання та прогнозування в екології: підручник для вузів. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
7. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навчальний посібник. - Київ: ІВЦ "Вид-во "Політехніка", ТОВ Фірма "Періодика", 2005.– 152 с.
8. Ляшенко І.М., Мукоєд А.П. Моделювання біологічних та екологічних процесів: навчальний посібник. 2001, - 450 с
9. Калінін М.І., Єлісеєв В.В. Біометрія: Підручник для студентів вузів біологічних і екологічних напрямків. - Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2000. - 204 с.
10. Царенко О.М., Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Панченко С.М. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології. - Суми, 2000. - 201с.

#### **Додаткова література**

1. Лаврик В.І. Никифорович Н.А. Математическое моделирование в гидроэкологических исследованиях. – К., Фитосоцицентр, 1998. – 287 с.
2. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. Київ: Фітоцентр, 1998. - 132 с.
3. Природа моделей и модели природы / Под ред. Д.М. Гришиани, И.Б. Новика, С.А. Пегова. - М.: Мысль, 1986. - 270 с.

4. Баштовий М.Г. Математичні моделі самовідновлення ценопопуляцій лісових трав в рекреаційних екосистемах. - Вісник СНАУ: Серія «Агрономія і біологія». Вип.10-11 (14-15), 2007. - С.199-200.
5. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Бондарева Л. М., Кирильчук Е. С. Многомерные методы математической статистики в геоботанических исследованиях // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 160-річчю з дня народження В. В. Докучаєва «Сучасні проблеми геоєкології та раціонального природокористування Лівобережної України» (Суми, 21 – 23 вересня 2006 р.). – Суми, 2006. – С. 159–168.
6. Скляр В.Г. Прогнозирование состояния лесов Сумской области // Ученые записки Таврического Национального университета им. В.И.Вернадского. Серія «Биология». – 2001. – Т. 14 (53), № 1. – С. 212-215.
7. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Суми: Університетська книга, 2013. 439 с.
8. Скляр В.Г. Узагальнюючі моделі вертикальної структури деревостанів лісових фітоценозів Лівобережного Полісся України // Вісник Запорізького національного університету. Серія «Біологічні науки». – 2016. – №1. – С. 176-184.
9. Скляр В.Г. Некоторые теоретические и методические подходы к вопросу прогнозирования состояния лесных фитоценозов // Science Rise (Спецрубрика "Биологические науки"). 2015. №10/6 (15). С. 22-27.
10. Skliar V., Sherstiuk M. Vitality analysis as a constituent of the population studies of natural reforestation // Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine. – Riga, 2019. – p. 376 – 393

### Інформаційні ресурси

1. [https://www.researchgate.net/publication/234015179\\_Environmental\\_Modeling\\_Ek\\_kehrard](https://www.researchgate.net/publication/234015179_Environmental_Modeling_Ek_kehrard) - Holzbecher. *Environmental Modeling: textbook*
2. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvc7796h> - Dietze M. C. *Ecological Forecasting: textbook*
3. [file:///C:/Users/СЕМЬЯ/Downloads/textbook\\_Biliaiev.pdf](file:///C:/Users/СЕМЬЯ/Downloads/textbook_Biliaiev.pdf) - електронний варіант підручника «Біляєв М. М., Біляєва В. В., Кіріченко П. С. Моделювання і прогнозування стану довкілля»
4. [http://eprints.kname.edu.ua/46510/1/2016\\_печ\\_37%2825%29Л\\_Бараннік\\_лекції%28Екологія%29%20авторск%20вариант.pdf](http://eprints.kname.edu.ua/46510/1/2016_печ_37%2825%29Л_Бараннік_лекції%28Екологія%29%20авторск%20вариант.pdf) електронний варіант конспекту лекцій «Бараннік В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 101 – Екологія.)»
5. <http://lib.chdu.edu.ua/index.php?m=1&b=3> – електронний варіант підручника «Біометрія» (автори Калінін М.І., Єлісєєв В.В.)

### ДОДАТОК 1

Результати навчання за освітнім компонентом та їх зв'язок з програмними результатами навчання



Результати навчання за ОК: після закінчення вивчення освітнього компонента (дисципліни) студент буде здатен:	Програмні результати навчання на досягнення яких спрямований ОК (за ОПП 2020 р.)			
	ПРО5.	ПРО9.	ПРО11.	ПРО 28.
ДРН 1. Знати програмні засоби та інформаційні ресурси, які можуть бути використані в системі робіт із моделювання та прогнозування стану довкілля. Уміти ними користуватися		+	+	
ДРН 2. Знати базові поняття теорії ймовірностей і математичної статистики			+	
ДРН 3. Знати різноманітності, сутності, правила використання математико-статистичних методів при здійсненні оцінки поточного стану довкілля, та при реалізації відповідного виду моделювання та прогнозування стану довкілля			+	+
ДРН 4. Знати концептуальні моделі розповсюдження забруднюючих речовин у геосферах Землі		+	+	+
ДРН 5. Уміти використовувати моделювання та прогнозування у системі заходів із оцінки впливу технологічних процесів і агровиробництва на довкілля, виявлення ризиків, обумовлених господарюванням, та визначення підходів із оптимізації природокористування		+	+	+
ДРН 6. Уміти використовувати моделювання та прогнозування у системі заходів із оцінки відповідності поточних та прогнозних значень нормативним показникам щодо антропогенного навантаження на довкілля	+			
ДРН 7. Уміти використовувати моделювання та прогнозування у системі заходів із розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери, визначення оптимальних форм, способів господарювання і рівня антропопресії	+			+
ДРН 8. Уміти використовувати моделювання та прогнозування задля виявлення, оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і визначення шляхів		+		

їх вирішення.				
ДРН 9. Уміти використовувати моделювання та прогнозування процесів в геосферах та популяціях задля оптимізації програм моніторингу	+			
ДРН 10. Уміти використовувати моделювання процесів в популяціях як базову основу для розробки та впровадження заходів із екологізації агросфери та оптимізації природокористування				+
ДРН 11. Уміти використовувати моделювання та прогнозування стану довкілля в управлінні природоохоронними діями (проектами) та при розв'язанні питання поводження з відходами		+		+
ДРН 12. Уміти використовувати моделювання та прогнозування процесів в різних геосферах для попередження (ліквідації) наслідків негативного антропогенного впливу на них		+	+	+
ДРН 13. Уміти формувати систему вихідних даних як базову основу моделювання та прогнозування	+			