

Тернопільська обласна рада
Департамент освіти і науки Тернопільської обласної військової адміністрації
Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса Шевченка

Кафедра біології, екології та методик їх навчання



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

***МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ
ДОВКІЛЛЯ***

рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**
галузь знань **10 Природничі науки**
спеціальність **101 Екологія**
освітньо-професійна програма **Екологія**

Робоча програма навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для студентів, які навчаються за спеціальністю 101 Екологія. освітньо-професійна програма Екологія. Кременець. 2025. 14 с.

Розробник програми:

Михалюк І.М., доцент, кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології, екології та методик їх навчання КОГПА ім. Тараса Шевченка

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри біології, екології та методик їх навчання

Протокол № 1 від „01” вересня 2025 року

Завідувач кафедри



О. Кратко

1. Вступ

Освітній компонент «Моделювання і прогнозування стану довкілля» належить до нормативних компонентів циклу професійної підготовки здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за спеціальністю Е2 Екологія освітньо-професійна програма Екологія. Освітній компонент орієнтований на здатність здобувачів освіти розв'язувати комплексні професійні завдання та практичні проблеми, застосовувати на практиці сучасні інформаційні технології в галузі природокористування, охорони та відновлення біоресурсів, організовувати роботу малих колективів виконавців, забезпечувати виконання норм чинного законодавства України та свідомо їх застосовувати у професійній діяльності.

Ключові слова: моделювання довкілля, прогнозування стану екосистем, екологічний моніторинг, екологічні системи, сталий розвиток, якість довкілля, кліматичні зміни, біоіндикатори, прогнозування екологічних катастроф

Навчальна дисципліна пов'язана з такими компонентами освітньо-професійної програми Екологія як: екологічна безпека, моніторинг довкілля, соціальна екологія, техноекологія, екологічна безпека, нормування антропогенного навантаження на природне середовище, оцінка впливу на довкілля та геоінформаційні системи.

2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, рівень вищої освіти	Характеристика освітнього компоненту	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 10 Природничі науки	Нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність 101 Екологія	Курс	
Змістових модулів – 3		4-й	
Загальна кількість годин – 120 год.		Семестр	
		8-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 год. самостійної роботи студента – 4 год.	Освітньо-професійна програма Екологія	Лекції	
		16 год.	
		Практичні, семінарські	
	Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)	-	
		Лабораторні	
		36 год.	
		Самостійна робота	
		68 год.	
Форма контролю			
екзамен			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної становить (%):
для денної форми навчання – 43% / 57%,

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» є формування у студентів системного уявлення про принципи, методи та інструменти моделювання і прогнозування стану довкілля, необхідних для оцінки екологічних ризиків, прийняття рішень у сфері охорони природи, управління природними ресурсами та розробки сталих стратегій розвитку з урахуванням змін екологічних, кліматичних та антропогенних факторів.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є закономірності змін стану довкілля під впливом природних і антропогенних факторів, методи створення математичних і комп'ютерних моделей екосистем, прогнозування екологічних процесів, а також аналіз і оцінка екологічних ризиків для забезпечення раціонального використання природних ресурсів і збереження біорізноманіття.

Головними завданнями курсу є навчити студентів основам застосування методів моделювання та прогнозування для оцінки й аналізу антропогенного впливу на довкілля, а також для визначення заходів, спрямованих на його охорону та впровадження раціонального природокористування. На основі здобутих знань і навичок у сфері моделювання та прогнозування стану довкілля сформувані у студентів здатність вирішувати складні спеціалізовані завдання та практичні проблеми у галузі екології, охорони навколишнього середовища і сталого природокористування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» студент повинен володіти такими компетентностями та досягти таких результатів навчання:

Інтегральна

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування, що передбачає застосування основних теорій та методів наук про довкілля, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов

Загальні

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК02. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК06. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК07. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

ЗК08. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові

ФК15. Здатність до критичного осмислення основних теорій, методів та принципів природничих наук.

ФК16. Розуміння основних теоретичних положень, концепцій та принципів математичних та соціально-економічних наук.

ФК18. Здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

ФК23. Здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень.

Програмні результати навчання

ПР08. Уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень

ПР10. Уміти застосовувати програмні засоби, ГІС-технології та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень.

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

ПР21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1

ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМ І ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни моделювання та прогнозування стану довкілля

Передумови виникнення аналітичної екології. Історія зародження і розвитку моделювання екосистем. Актуальність дисципліни у сучасному екологічному контексті. Роль моделювання та прогнозування у вирішенні екологічних проблем. Мета та завдання навчальної дисципліни. Основні поняття та принципи моделювання і прогнозування. Визначення моделювання та його зв'язок із науками про довкілля. Поняття прогнозування: короткострокове, довгострокове та сценарне прогнозування. Принципи створення екологічних моделей: достовірність, адаптивність, доступність. Взаємозв'язок дисципліни з іншими науковими напрямками.

Об'єкти та сфери застосування моделювання.

Тема 2. Класифікація та види моделей

Моделювання і споглядання. Основні засади теорії подібності. Аналогія. Екскурс в історію поняття. Метод актуалізму. Види моделювання. Предметне моделювання. Знакове моделювання. Характеристики моделей. Особливості моделювання в екології. Основні фактори, що враховуються при екологічному моделюванні.

Принципи екологічного моделювання

Змістовий модуль 2

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Тема 3. Основні поняття й етапи системного аналізу

Еволюція природних систем і соціоекологічне моделювання. Основні поняття й етапи системного аналізу. Методологічні питання системного підходу. Індуктивні методи системного моделювання й прогнозування стану довкілля. Етапи системного аналізу. Постановка проблеми: визначення цілей і обмежень. Формулювання системної моделі: визначення ключових компонентів та взаємозв'язків. Збір і аналіз даних: джерела даних та їх оцінка. Розробка критеріїв для оцінювання ефективності рішень. Застосування системного аналізу в екології.

Переваги і обмеження системного аналізу.

Тема 4. Загальні принципи побудови статичних моделей екологічних процесів Статистичні дані й стохастична модель

Принципи побудови статичних моделей екологічних процесів. Методи визначення функції регресії. Екологічні дані. Цілі і завдання збору статистичних даних. Зведення та групування статистичних даних. Статистичні показники.

Середні характеристики динамічного ряду.

Змістовий модуль 3 **ПРИКЛАДНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ**

Тема 5. Теоретичні основи прогнозування стану водних екосистем

Постановка задачі соціоекологічного моделювання і прогнозування. Теоретичні моделі та їх скінчено – різницеві аналоги. Прогнозування якості води водотоку і встановлення гранично-допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин зі стічними водами. Природна якість води. Самоочищення водного об'єкта. Етапи прогнозування стану водних екосистем. Визначення вхідних даних (гідрологічні, фізико-хімічні, біологічні параметри). Аналіз існуючих моделей і методів прогнозування. Розробка прогнозних сценаріїв. Розрахунок кратності розведення стічних вод. Чинники, що впливають на стан водних екосистем. Методи дослідження водних екосистем.

Біотестування водного середовища. Проблеми і перспективи застосування прогнозів.

Тема 6. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами

Біосферні процеси поширення забруднень від одиничних промислових джерел. Теоретичні передумови ідентифікації рівнянь санітарно-гігієнічних ситуацій забруднення повітря. Процеси розповсюдження забруднювачів в атмосфері. Механізми переносу: адвекція, дифузія, седиментація. Математичні основи моделювання забруднення повітря. Рівняння розсіювання забруднювачів у повітрі. Методики розрахунку концентрацій на різних відстанях від джерела. Урахування атмосферних умов (швидкість вітру, стабільність атмосфери). Прикладні аспекти моделювання. Використання програмних продуктів для моделювання (AERMOD, CALPUFF). Візуалізація результатів моделювання: побудова карт забруднення. Інтеграція моделей у системи екологічного моніторингу.

Типи моделей забруднення повітря. Сучасні тенденції в моделюванні забруднення повітря

Тема 7. Моделювання і прогнозування антропогенного впливу на ґрунти. Моделювання динаміки популяції.

Соціоекологічна роль ґрунтів і завдання їх збереження. Математичне моделювання і прогнозування хімічного забруднення ґрунтів. Етапи побудови моделі впливу на ґрунти. Внутрішньовидова конкуренція. Основні ознаки внутрішньовидової конкуренції. Модель популяції з дискретним розмноженням. Модель популяції з низькою смертністю. Модель динаміки популяції з внутрішньовидовою конкуренцією. Реалістична модель з дискретним розмноженням. Модель Сміта і Слаткіна.

Прогнозування змін у родючості ґрунтів. Розробка рекомендацій для раціонального використання ґрунтових ресурсів.

Роль штучного інтелекту у прогнозуванні екологічних процесів.

Тема 8. Глобальні моделі розвитку соціоекосистеми. Моделювання і прогнозування змін клімату

Моделі клімату. Енергобалансові моделі клімату. Статистична модель. Радіаційно - конвективні моделі. Моделі загальної циркуляції. Глобальні моделі розвитку соціоекосистеми. Моделі Форестра-Медоуза. Модель Месаровича-Пестеля. «Модель Барілюче». Японський проект. Модель Габора. Модель В. Леонтьєва. Двокомпонентні моделі. Двокомпонентні моделі. Моделі взаємодії РК-БСК. Нітрифікація. Балансові моделі нітрифікації. Інтегровані оціночні моделі (IAM).

Інтеграція моделей клімату і соціоекосистем. Прогнози і сценарії майбутнього

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усь ого	у тому числі					усь го	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
Модуль 1												
Змістовий модуль 1.												
ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМ І ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ												
1. Вступ до навчальної дисципліни моделювання та прогнозування стану довкілля	13	2		4		7						
2. Класифікація та види моделей	20	2		4		14						
Разом за ЗМ 1.	33	4		8		21						
Змістовий модуль 2.												
МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА												
3. Основні поняття й етапи системного аналізу	12	2		4		6						
4. Загальні принципи побудови статичних моделей екологічних процесів Статистичні дані й стохастична модель	20	2		4		14						
Разом за ЗМ 2.	32	4		8		20						
Змістовий модуль 3.												
ПРИКЛАДНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ												
5. Теоретичні основи прогнозування стану водних екосистем	17	2		8		7						
6. Моделювання процесу забруднення повітря промисловими джерелами	13	2		4		7						
7. Моделювання і прогнозування антропогенного впливу на ґрунти. Моделювання динаміки популяції.	13	2		4		7						
8. Глобальні моделі розвитку соціоекосистеми. Моделювання і прогнозування змін клімату	12	2		4		6						
Разом за ЗМ 3.	55	8		20		27						
Усього годин:	120	16		36		68						

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Лабораторна робота 1-2. Ознайомлення із комп'ютерними програмами для моделювання та прогнозування стану довкілля.	4
2.	Лабораторна робота 3-4. Понятійний апарат та загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля.	4
3.	Лабораторна робота 5-6. Дослідження лінійної та обернено-пропорційної функцій для застосування в моделюванні та прогнозуванні стану довкілля.	4
4.	Лабораторна робота 7-8. Фізичні та спеціальні методи спостережень за рівнем забруднення природного середовища	4
5.	Лабораторна робота 9-10. Математичне моделювання антропогенного впливу на якість вод у річці засобами Mathcad Professional. Стаціонарна площинна задача.	4
6.	Лабораторна робота 11-12. Математичне моделювання антропогенного впливу на якість поверхневих вод у річці засобами Microsoft Excel. Стаціонарна площинна задача.	4
7.	Лабораторна робота 13-14. Прогнозування рівня забруднення атмосферного повітря на ділянці магістральної траси.	4
8.	Лабораторна робота 15-16. Фізичні спеціальні методи спостережень за рівнем забруднення природного середовища	4
9.	Лабораторна робота 17-18. Прогнозування кількості населення	4
	Разом	36

7. Самостійна робота

Самостійна робота здобувачів вищої освіти включає вивчення окремих тем, питань, що не були розглянуті в курсі лекцій, підготовку до лабораторних занять, підготовку доповідей та рефератів, презентацій, підготовку до семестрового контролю. Ефективність самостійної роботи студента викладач виявляє на практично-семінарських заняттях, під час тематичного опитування, перевірки зошитів для практичних занять та самостійної роботи, рефератів тощо та відбиває в загальній оцінці за тему і змістовий модуль.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

1. Опрацювання окремих питань, які не виносяться на розгляд у лекційному курсі: 2 год. на тему ($2 \times 9 = 18$ год.).
2. Підготовка до аудиторних занять: 2 год. на 1 практично-семінарське заняття ($2 \text{ год.} \times 9 = 18$ год.).
3. Виконання завдань для самостійної роботи – 2 год. на 1 заняття ($2 \text{ год.} \times 9 = 18$ год.).
4. Підготовка до семестрового контролю: 3 год. на 1 кредит ECST ($3 \times 5 = 15$ год.).

№ з/п	Питання	Кількість годин
1.	Робота з рядком формул в LibreOffice Calc для застосування в моделюванні та прогнозуванні стану довкілля	2
2.	Побудова графіків в MathCAD для застосування в моделюванні та прогнозуванні стану довкілля.	2
3.	Зведення і групування статистичних екологічних даних.	2
4.	Числові характеристики досліджуваного матеріалу	2
5.	Моделювання лінійної залежності двох взаємно пов'язаних величин	2
6.	Використання геоінформаційної системи MapInfo Professional для дослідження наслідків антропогенного впливу на довкілля	2
7.	Реалізація динаміки моделі Мальтуса в середовищі MatLab	2
8.	Моделювання системи Лотки-Вольтерри в середовищі MatLab	2
9.	Веб-додатки Google Earth і Google Maps.	2
	Разом	18

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів під час самостійної роботи та на практичних заняттях

1-2 бали – студент виявляє знання і розуміння основних положень навчального матеріалу, може поверхово аналізувати події, процеси, явища і робити певні висновки; відповідь його правильна, але недостатньо осмислена; самостійно відтворює більшу частину навчального матеріалу; відповідає за планом, висловлює власну думку щодо теми, вміє застосовувати знання для виконання за зразком; користується додатковими джерелами.

3 бали – знання студента є достатньо ґрунтовними, він вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях, логічно висвітлює події з точки зору смислового взаємозв'язку, уміє аналізувати, встановлювати найсуттєвіші зв'язки та залежності між явищами, фактами, робити висновки, загалом контролює власну діяльність. Відповідь повна, логічна, обґрунтована, але з деякими неточностями. Студент виявляє вміння рецензувати відповіді інших та опрацьовувати матеріал самостійно.

4 бали – студент володіє глибокими та міцними знаннями, здатний використовувати їх у нестандартних ситуаціях; може визначати тенденції та протиріччя процесів; робить аргументовані висновки; критично оцінює окремі нові факти, явища, ідеї; використовує додаткові джерела та матеріали; самостійно визначає окремі цілі власної учбової діяльності; вирішує творчі завдання; відрізняє упереджену інформацію від об'єктивної; здатен сприйняти іншу позицію як альтернативну.

5 балів – студент має системні, дієві знання, виявляє творчі здібності у навчальній діяльності, користується широким арсеналом засобів-доказів своєї думки, вирішує складні проблемні завдання, схильний до системно-наукового аналізу та прогнозу явищ; вміє ставити й розв'язувати проблеми, самостійно здобувати та використовувати інформацію, виявляє власне ставлення до неї; самостійно виконує науково-дослідну роботу; логічно і творчо викладає матеріал в усній та письмовій формі; розвиває свої обдарування та нахили.

8. Індивідуальні завдання

Виконання студентами індивідуальних завдань з дисципліни не передбачено.

9. Методи навчання

Лекція, розповідь, пояснення, бесіда, інструктаж, ілюстрування, демонстрування, самонавчання, лекція-візуалізація, стендова доповідь, екскурсія.

10. Методи контролю

Усне та письмове опитування, презентація робіт, оцінювання лабораторних робіт та проєктів, тестовий контроль, екзамен.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Модуль 1 Поточний контроль (100 балів)									Модуль 2 Екзамен	Сума
ЗМ 1		ЗМ 2		ЗМ 3						
T1-2 10	T3-4 10	T5-6 15	T7-8 15	T9-10 10	T11-12 10	T13-14 10	T15-16 10	T17-18 10	100 балів (коефіцієнт 0,5)	200 балів (коефіцієнт 0,5)

Примітка. T1, T2 ... – теми практичних занять.

Шкала оцінювання знань та вмінь здобувачів вищої освіти під час підсумкового контролю, яка передбачає співвідношення питомої ваги результатів поточного й проміжного контролю та результатів здачі екзамену

За шкалою ECTS	За національною шкалою	За шкалою академії	Підсумкова оцінка	
			Результати поточного та проміжного контролю – коефіцієнт 0,5	Результати екзамену – коефіцієнт 0,5
A	Відмінно	90 – 100	90 – 100	90 – 100
B	Добре	82 – 89	82 – 89	82 – 89
C		75 – 81	75 – 81	75 – 81
D	Задовільно	67 – 74	67 – 74	67 – 74
E		60 – 66	60 – 66	60 – 66
FX	Незадовільно	35 – 59	35 – 59	35 – 59
F		0 – 34	0 – 34	0 – 34

Критерії оцінювання результатів складання екзамену

За шкалою ЄКТС	За національною шкалою	За 100-бальною шкалою	Критерії оцінювання знань, умінь і навичок
A	Відмінно	90-100	– студент виявляє глибокі, міцні та системні знання навчально-програмового матеріалу; – володіє теоретичними основами дослідження проблем; – демонструє вміння критично оцінювати окремі нові факти, явища ідеї; – виявляє варіативність мислення і раціональність у виборі способів розв’язання практичних завдань.
B	Добре	82-89	– студент виявляє повні, ґрунтовні знання навчально-програмового матеріалу; – демонструє розуміння основоположних теорій і фактів, вміння аналізувати, порівнювати і систематизувати інформацію, робити певні висновки; – вільно застосовує матеріал у власній аргументації; – при виконанні практичних завдань допускає несуттєві помилки; – відповідь повна, логічна, обґрунтована, але містить несуттєві неточності.
C		75-81	– студент виявляє ґрунтовні знання навчально-програмового матеріалу, але вони носять, в основному, репродуктивний характер; – демонструє розуміння основоположних теорій і фактів, вміння аналізувати, порівнювати і систематизувати інформацію, робити певні висновки на основі отриманих знань; – при виконанні практичних завдань допускає окремі помилки; – відповідь повна, логічна, обґрунтована, але з деякими неточностями.
D		67-74	– студент виявляє знання і розуміння основних положень навчального матеріалу, проте спостерігається їх недостатня глибина та осмисленість; – виявляє вміння частково аналізувати навчальний матеріал, порівнювати і робити певні, але неконкретні і неточні, висновки.

E	Задовільно	60-66	– студент виявляє знання і розуміння основних положень навчального матеріалу, проте допускає неточності у розумінні основних положень навчального матеріалу; – допускає порушення логічності та послідовності викладу матеріалу; – не вміє пов'язати теоретичні положення з практикою.
FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	35-59	– студент фрагментарно відтворює незначну частину навчального матеріалу; – має нечіткі уявлення про об'єкт вивчення; виявляє елементарні знання фактичного матеріалу; – відсутні уміння і навички в роботі з джерелами інформації; – не вміє логічно мислити і викласти свою думку.
F	Незадовільно з обов'язковим повторним курсом	0-34	– не відтворює значну частину навчального матеріалу; – не вміє викладати матеріал; – не має уявлення про об'єкт навчання; – не володіє вмінням розв'язувати практичні завдання.

12. Методичне забезпечення

1. Електронні конспекти лекцій.
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт.

На лабораторних заняттях використовується лабораторна та інструментальна база випускової кафедри, а також комп'ютерне та мультимедійне обладнання, що застосовується для проведення обчислювальних експериментів із використанням стандартизованих та розроблених на кафедрі комп'ютерних програм та оформлення звітів в електронному вигляді.

3. Презентації в Microsoft Office PowerPoint для супроводу викладання лекційного матеріалу.

4. Методичні матеріали на платформі Moodle.

13. Рекомендована література

Базова

1. Біляєв М. М., Біляєва В. В., Кіріченко П. С. Моделювання і прогнозування стану довкілля. Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов, 2016. 207 с.
2. Богобоящий В.В., Чурбанов К.Р., Палій П.Б., Шмандій В.М. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник. К.: Центр навчальної літератури, 2004. 216 с.
3. Калінін М.І., Єлісєєв В.В. Біометрія: Підручник для студентів вузів біологічних і екологічних напрямків. Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2000. 204 с.
4. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: Навч. посібник. К.: Либідь, 2003. 208 с.
5. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навчальний посібник. Київ: ІВЦ "Вид-во "Політехніка", ТОВ Фірма "Періодика", 2005. 152 с.

6. 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.
7. Ляшенко І.М., Мукоєд А.П. Моделювання біологічних та екологічних процесів: навчальний посібник. 2001. 450 с.
8. Моделювання та прогнозування стану довкілля: Курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія» Освітньо-кваліфікаційний ступінь «бакалавр». / Укладач: О.В. Рибалова. Х: НУЦЗУ, 2016. 221 с.
9. Скіп Б. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Навчальний посібник, Чернівці "Рута", II. 2005. 56 с.
10. Скіп Б.В., Філіпчук Т.В., Моделювання та прогнозування стану довкілля. Практикум, Чернівці "Рута", 2006. 68 с.
11. Тарасова В.В. Екологічна статистика. К.: ЦУЛ, 2008. 392 с.
12. Царенко О.М., Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Панченко С.М. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології. Суми, 2000. 201с.

Допоміжна

1. 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.
2. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. Київ: Фітоцентр, 1998. 132 с.
3. 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.
4. 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. <http://www.mon.gov.ua> Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України.
2. <https://menr.gov.ua> Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та ПР України.
3. <http://nbuv.gov.ua/node/554> Наукова періодика України. Бібліотека ім. В.Вернадського
4. <http://sop.org.ua> - Служба охорони природи – Інформаційний центр
5. <http://env.teset.sumdu.edu.ua> Науковий центр прикладних екологічних досліджень