

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



«27» серпня 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НДПП 1.2.11. Моделювання та прогнозування стану довкілля

Освітньо-професійна програма «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

спеціальність 101 «Екологія»

факультет економіко-правовий

2020 – 2021 рік

Робоча програма з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів ОПП «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» спеціальності 101 «Екологія»

Розробники: к.е.н., доцент кафедри раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища Захарова О.В.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища
Протокол від «27» серпня 2020 року №1

Завідувач кафедри раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища



Г. О. Черніченко

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни			
		денна форма навчання		заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <i>10 Природничі науки</i> Спеціальність <i>101 «Екологія»</i> ОПП <i>«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»</i> Освітній ступінь <i>«Бакалавр»</i>	Нормативна дисципліна професійної підготовки			
Модулів – 2		Рік підготовки:			
Змістових модулів – 3		3		3	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <i>розрахункове завдання</i>		Семестр			
		5	6	5	6
Загальна кількість годин – 180		Лекції			
		14 год.	14 год.	4 год	4 год
		Практичні, семінарські			
		16 год.	16 год.	8 год.	8 год
		Лабораторні			
		-	-	-	-
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних –2 самостійної роботи студента – 2,5		Самостійна робота			
		59 год	59 год	77 год	77 год
		Індивідуальні завдання:			
	1 год	1 год	1 год	1 год	
Вид контролю: залік (5 семестр), екзамен (6 семестр)					

Примітка:

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

для денної форми здобуття вищої освіти – 30%/70%;

для заочної форми здобуття вищої освіти – 13%/87%.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок у галузі математичного моделювання фізичних й біотичних процесів під впливом природних і антропогенних чинників у довкіллі та прогнозування змін його стану на різних рівнях.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є принципи і засоби побудови та застосування математичних моделей (детермінованих та імовірнісних) довкілля, теоретичні засади прогнозування стану в сфері природокористування.

Завдання навчальної дисципліни: навчання студентів методам математичного моделювання фізичних процесів у довкіллі на локальному, регіональному та глобальному рівнях; методам математичного моделювання біотичних процесів на рівні організм, угруповання, екосистема, популяція та біосфера; врахуванню в математичних моделях природних та антропогенних чинників, що впливають на досліджувані процеси; прогнозуванню наслідків антропогенного впливу на біотичну та абіотичну складові довкілля різних рівнів.

Місце навчальної дисципліни в освітній програмі. Навчальна дисципліна «Моделювання та прогнозування стану довкілля» спрямована на опанування наступних **компетентностей**:

Інтегральна:

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

Загальні:

КЗ-2. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

КЗ-8. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Спеціальні (фахові):

КП-3. Розуміння основних теоретичних положень, концепцій та принципів математичних та соціально-економічних наук.

КП-5. Здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

КП-7. Здатність проводити екологічний моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.

КП-10. Здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень.

Дисципліна використовується для формування наступних **програмних результатів навчання**, передбачених освітньо-професійною програмою підготовки бакалавра за спеціальністю 101 «Екологія» (ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища») у Маріупольському державному університеті:

РН-8. Уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень.

РН-9. Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення.

РН-10. Уміти застосовувати програмні засоби, ГІС-технології та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень.

РН-11. Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.

РН-21. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.

Результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- основні терміни та поняття, що використовуються в межах означеного курсу; типи моделей, що використовуються в галузі охорони довкілля, етапи моделювання та їх послідовність, базові принципи моделювання процесів і систем використання ресурсів природокористування;

- елементарні функції та їх застосування в математичних моделях;

- принципи застосування диференціальних рівнянь при моделюванні екологічних процесів;

- основи статистичного аналізу та застосування статистичного інструментарію оцінки навколишнього середовища;

- основні умови застосування статистичних моделей та методів аналізу та прогнозування часових рядів;

- методи прогнозування на основі регресійних моделей та моделі часового ряду;

- основні моделі гідрогеологічних процесів і водних систем, процесів переносу забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, ґрунтовому середовищі;

- види прогнозів забруднення атмосфери, водного середовища, ґрунтового та рослинного покриву;

- моделі екологічних систем, динаміки чисельності популяцій, біоценозів, трофічного ланцюга;

- сучасні моделі і прогнози біосферних процесів.

вміти:

- оптимально визначати клас моделей та засобів моделювання, який є необхідним для практичної задачі екологічного управління;

- обирати початкові та граничні умови при верифікації математичних моделей;

- визначати програму розробки моделі, оцінювати необхідні ресурси;

- оцінювати доцільність і можливість використання статистичних методів та моделей;

- за результатами моделювання визначати фактори антропогенного впливу на стан навколишнього середовища та окремих екосистем;

- застосовувати методи прогнозування, оцінювати якість прогнозних моделей та точність відповідного прогнозу;

- розробляти та використовувати моделі популяційної екології

- оцінювати адекватність і ефективність прогностичних схем.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Понятійний апарат та загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля.

Тема 1. Теоретичні аспекти процесів моделювання складних систем.

Поняття математичної моделі. Класифікація математичних моделей. Моделювання як метод наукового пізнання. Використання моделювання при дослідженні і проектуванні складних систем. Поняття про множинне, ієрархічне та цілісне представлення системи. Функція елемента. Функціональне та процесуальне представлення системи. Різні підходи до визначення властивостей і функцій моделей. Моделі об'єктів і процесів у сфері природокористування. Типи моделей (матеріальні і уявні). Групи моделей. Особливості моделей різних типів і груп.

Тема 2. Особливості побудови математичних моделей.

Етапи побудови моделі. Взаємозв'язки етапів. Моделювання складних систем із використанням ІКТ (імітація). Виділення та види ресурсів природокористування. Класифікація математичних моделей відповідно до властивостей, процесів що моделюються. Порядок розробки математичних моделей процесів оцінки ресурсів природокористування. Системний підхід до побудови математичних моделей. Поняття системи. Властивості систем. Порядок розробки математичних моделей у сфері природокористування.

Тема 3. Теоретико-методологічні засади прогнозування.

Поняття «прогноз». Прогнозування та його принципи. Моделювання як етап прогнозування. Етапи прогнозування. Види прогнозів. Ситуаційний прогноз. Етапи розробки імітаційної моделі.

Змістовний модуль 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля.

Тема 4. Теоретико-методологічні засади застосування статистичних методів в аналізі стану довкілля (регресійні моделі, моделі часової та просторової динаміки)

Сутність та особливості застосування статистичних методів. Статистична методологія. Етапи статистичного дослідження. Основні статистичні терміни та поняття. Інформаційне забезпечення еколого-статистичних досліджень. Сутність та види екологічної інформації. Етапи та техніка збору та обробки екологічної інформації.

Тема 5. Характеристика основних етапів статистичного дослідження.

Формування бази статистичних даних в екології. Проведення статистичного спостереження: план та програма. Організаційні форми, види та способи статистичних спостережень. Помилки спостереження. Методи перевірки достовірності спостереження. Методи узагальнення екологічної інформації. Суть і завдання статистичного зведення, їх класифікація. Групування - основа наукової обробки даних. Види статистичних групувань. Основні питання методології статистичних групувань. Особливості проведення аналітичного групування. Побудова рядів розподілу.

Тема 6. Система статистичних показників як інформаційна основа процесу моделювання.

Статистичні показники як кількісна характеристика екологічних явищ.. Абсолютні статистичні величини. Відносні величини, їх види. Суть і умови використання середніх величин. Види та особливості обчислення середніх величин.

Тема 7. Статистичні методи оцінки варіації.

Статистичні ряди та первинна обробка статистичної інформації. Види рядів та структура (елементи). Графічне представлення статистичних рядів розподілу. Характеристики центру розподілу. Поняття варіації. Характеристика розміру та ступеня варіації. Характеристика форми розподілу.

Тема 8. Статистичні методи оцінки взаємозв'язків в екології.

Сутність та види взаємозв'язків в екології. Методи оцінки взаємозв'язків. Дисперсійний аналіз. Показники, що застосовуються в дисперсійному аналізі. Поняття кореляції. Кореляційний аналіз. Поняття регресії. Регресійний аналіз.

Тема 9. Статистичні методи аналізу часових рядів. Прогнозування динаміки розвитку процесів в навколишньому середовищі.

Ряди динаміки: сутність, елементи, види. Методи оцінки рядів динаміки. Встановлення основної тенденції в рядах динаміки. Методи прогнозування динамічних рядів.

Тема 10. Застосування статистичних моделей в екології.

Поняття кореляційно-регресійного моделювання. Регресійні моделі: особливості побудови та оцінки адекватності, значимості та надійності. Особливості розрахунку параметрів рівнянь регресії та вибір форми. Метод найменших квадратів. Інтерпретація результатів кореляційно-регресійного моделювання. Прогнозування на основі регресійних моделей.

Тема 11. Елементарні функції та їх застосування в екології.

Сутність та використання в екології змінних величин та функцій. Способи задання функції. Ліній функціональна залежність. Пряма і обернена пропорційні залежності. Дробово-лінійна функція. Рівняння Міхаеліса-Ментен. Степенева

функція. Показникова та логарифмічна функції. Тригонометричні функції. Побудова емпіричних формул.

Тема 12. Оптимізаційні моделі в екології.

Поняття оптимізації. Дослідження операцій на основі оптимізаційних моделей. Сутність та структура оптимізаційної задачі. Задачі математичного програмування. Лінійне програмування. Етапи побудови оптимізаційних задач. Приклади оптимізаційних задач в екологічних дослідженнях. Пошук рішення як інструмент автоматизації розв'язання оптимізаційних задач в середовищі MS Excel.

Змістовий модуль 3. Математичні моделі моделювання та прогнозування різних компонентів екосистеми.

Тема 13. Моделювання гідроекологічних процесів і функціонування водних екосистем

Основні принципи та особливості математичного моделювання гідроекологічних процесів. Моделювання абіотичних процесів. Математичні моделі водного і гідрохімічного режимів. Математичні моделі динаміки РК і БПК. Визначення невідомих параметрів моделі. Модель динаміки органічної речовини і розчиненого кисню з урахуванням розбавлення і водообміну.

Тема 14. Математичне моделювання і прогнозування забруднення атмосфери.

Постановка задачі розрахунку поширення атмосферних домішок. Поширення пасивних атмосферних домішок від миттєвих джерел при постійному коефіцієнті турбулентності. Чисельне моделювання процесів забруднення атмосфери великих міст і їх вплив на термічний режим атмосфери. Фізичні основи прогнозування забруднення повітря. Чисельне прогнозування концентрації шкідливої домішки за допомогою дифузійної моделі. Визначення забруднення повітря у містах. Прогнозування метеорологічних умов забруднення атмосфери. Оцінювання ефективності методів прогнозування забруднення повітря. Організація робіт з прогнозування забруднення повітря.

Тема 15. Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового та рослинного середовища.

Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах. Математичне моделювання процесу поглинання важких металів ґрунтом і рослинами. Математичне моделювання впливу осолонцювання та засолення ґрунту та розвиток рослин.

Тема 16. Математичні моделі просторово розподілених екосистем.

Загальний вигляд математичної моделі динамічної системи з розподіленими характеристиками. Побудова моделей масопереносу в нерухомому та рухомому середовищах. Одновимірні моделі розповсюдження речовин в нерухомому середовищі. Одновимірні моделі розповсюдження речовин в рухомому

середовищі. Дослідження процесу біологічного очищення стічних вод за допомогою математичного моделювання.

Тема 17. Імітаційне математичне моделювання і проблеми гідроекологічного моніторингу.

Пріоритетні напрями в екології. Методологічні основи створення природоохоронної геоінформаційної системи. Наукові основи гідроекологічного моніторингу. Імітаційне математичне моделювання як складова інформаційно-експертної системи.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
5 семестр						

Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Понятійний апарат та загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля						
Тема 1. Теоретичні аспекти процесів моделювання складних систем	12	2	2			8
Тема 2. Особливості побудови математичних моделей	12	2	2			8
Тема 3. Теоретико-методологічні засади прогнозування	12	2	2			8
Разом за змістовим модулем 1	36	6	6			24
Змістовний модуль 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля (регресійні моделі, моделі часової та просторової динаміки)						
Тема 4. Теоретико-методологічні засади застосування статистичних методів в аналізі стану довкілля.	13	2	2			9
Тема 5. Характеристика основних етапів статистичного дослідження.	13	2	2			9
Тема 6. Система статистичних показників як інформаційна основа процесу моделювання.	13	2	2			9
Тема 7. Статистичні методи оцінки варіації.	15	2	4		1	8
Разом за змістовим модулем 2	54	8	10	-	1	35
Усього годин (за семестр)	90	14	16	-	1	59
6 семестр						
Змістовний модуль 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля (продовження)						
Тема 8. Статистичні методи оцінки взаємозв'язків в екології.	11	2	2			6
Тема 9. Статистичні методи аналізу часових рядів. Прогнозування динаміки розвитку процесів в навколишньому середовищі.	11	2	2			6
Тема 10. Застосування статистичних моделей в екології.	12	2	2		1	6
Тема 11. Елементарні функції та їх застосування в екології.	9	2	2			6
Тема 12. Оптимізаційні моделі в екології	9	2	2			6
Разом за змістовим модулем 2	51	10	10	-	1	30
Змістовий модуль 3. Математичні моделі моделювання та прогнозування різних компонентів екосистеми						
Тема 13. Моделювання	9	2	2			5

гідроекологічних процесів і функціонування водних екосистем						
Тема 14. Математичне моделювання і прогнозування забруднення атмосфери.	10	2	2			6
Тема 15. Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового та рослинного середовища.	8		2			6
Тема 16. Математичні моделі просторово розподілених екосистем.	6					6
Тема 17. Імітаційне математичне моделювання і проблеми гідроекологічного моніторингу.	6					6
Разом за змістовим модулем 2	39	4	6	-	-	29
Усього годин (за семестр)	90	14	16	-	-	59
Усього годин	180	28	32	-	2	118

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	заочна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
5 семестр						
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Понятійний апарат та загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля						
Тема 1. Теоретичні аспекти процесів моделювання складних систем	12	1				11
Тема 2. Особливості побудови математичних моделей	12	1				11
Тема 3. Теоретико-методологічні засади прогнозування	11					11
Разом за змістовим модулем 1	35	2				33
Змістовий модуль 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля						
Тема 4. Теоретико-методологічні засади застосування статистичних методів в аналізі стану довкілля.	14	1	2			11
Тема 5. Характеристика основних етапів статистичного дослідження.	13		2			11

Тема 6. Система статистичних показників як інформаційна основа процесу моделювання.	14	1	2			11
Тема 7. Статистичні методи оцінки варіації.	14		2		1	11
Разом за змістовим модулем 2	55	2	8	-	1	44
Усього годин (за семестр)	90	4	8	-	1	77
6 семестр						
Змістовний модуль 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля (продовження)						
Тема 8. Статистичні методи оцінки взаємозв'язків в екології.	11	1	2			8
Тема 9. Статистичні методи аналізу часових рядів. Прогнозування динаміки розвитку процесів в навколишньому середовищі.	11	1	2			8
Тема 10. Застосування статистичних моделей в екології.	12	1	2		1	8
Тема 11. Елементарні функції та їх застосування в екології.	8					8
Тема 12. Оптимізаційні моделі в екології	11	1	2			8
Разом за змістовим модулем 2	53	4	8	-	1	40
Змістовий модуль 3. Математичні моделі моделювання та прогнозування різних компонентів екосистеми						
Тема 13. Моделювання гідроекологічних процесів і функціонування водних екосистем	8					8
Тема 14. Математичне моделювання і прогнозування забруднення атмосфери.	8					8
Тема 15. Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового та рослинного середовища.	7					7
Тема 16. Математичні моделі просторово розподілених екосистем.	7					7
Тема 17. Імітаційне математичне моделювання і проблеми гідроекологічного моніторингу.	7					7
Разом за змістовим модулем 2	39			-	-	37
Усього годин (за семестр)	90	4	8	-	1	77
Усього годин	180	8	16	-	2	158

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Теоретичні аспекти процесів моделювання складних систем. Особливості побудови математичних моделей	2
2.	Теоретико-методологічні засади прогнозування	2
3.	Теоретико-методологічні засади застосування статистичних методів в аналізі стану довкілля.	2
4.	Характеристика основних етапів статистичного дослідження.	2
5.	Система статистичних показників як інформаційна основа процесу моделювання.	2
6.	Статистичні методи оцінки варіації.	2
7.	Статистичні методи оцінки взаємозв'язків в екології.	4
8.	Статистичні методи аналізу часових рядів. Прогнозування динаміки розвитку процесів в навколишньому середовищі.	2
9.	Застосування статистичних моделей в екології.	4
10.	Елементарні функції та їх застосування в екології.	2
11.	Оптимізаційні моделі в екології	2
12.	Моделювання гідроекологічних процесів і функціонування водних екосистем	2
13.	Математичне моделювання і прогнозування забруднення атмосфери.	2
14.	Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового та рослинного середовища.	2
	Разом	32

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Конспектування додаткових питань з курсу	14
2.	Підготовка до практичних занять	20
3.	Робота з комп'ютерними програмами проведення аналізу та моделювання	20
4.	Розв'язання додаткових аналітичних завдань	17
5.	Підготовка до поточних самостійних робіт та модульних контрольних робіт	17
6.	Виконання індивідуального розрахункового завдання	30
	Разом	118

7. Індивідуальні завдання

Важливим елементом самопідготовки студента є виконання індивідуального розрахункового завдання, що передбачає виконання студентами дослідження з використанням різних методів моделювання та прогнозування.

Індивідуальна дослідна робота за темою «Основи кореляційно регресійного моделювання»

Виконати завдання та оформити у вигляді звіту з висновками та коментарями щодо отриманих результатів.

Завдання

Для виконання роботи необхідно за одним з регіонів України в динаміці за період не менш ніж за 10 років сформувавши такий інформаційний масив статистичних даних:

1. Обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел (в цілому в тонах та в розрахунку на 1 км² площі) – **результативна ознака**

2. Кількість підприємств

3. Результати господарської діяльності підприємств (валовий випуск товарів та послуг, обсяги реалізації промислової продукції, валовий регіональний продукт)

4. Рівень технологічного оновлення підприємств (вартість введених в дію нових основних засобів)

5. Обсяги капітальних інвестицій на охорону навколишнього середовища (повітря)

6. Обсяги поточних витрат на охорону навколишнього середовища (повітря).

2-6 – факторні ознаки

Необхідно:

1. Провести кореляційний аналіз (побудувати кореляційну матрицю) та визначити, яка з факторних ознак має найбільший ступінь зв'язку з варіацією результативної ознаки. Пояснити значення коефіцієнтів кореляції, зробити висновки.

2. Дві факторні ознаки, що за результатами кореляційного аналізу, є найбільш суттєвими, обрати для проведення парного регресійного моделювання.

3. На основі парного регресійного аналізу встановити залежність між рівнем забруднення атмосфери регіону та обраними антропогенними факторами. Побудувати парні лінійні рівняння регресії та визначити їх статистичні характеристики. Пояснити сутність коефіцієнтів регресії та статистичних характеристик, що описують значимість, адекватність та точність регресійної моделі.

4. Побудувати багатфакторного рівняння регресії, на основі якого описати характер залежності між рівнем забруднення та інтенсивністю господарської діяльності суб'єктів.

5. На основі отриманої багатфакторної регресійної моделі побудувати прогнозні оцінки результативної ознаки (факторний прогноз) на наступні 3 роки.

8. Методи навчання

Лекції, семінарські (практичні) заняття, виконання практичних робіт, виконання та захист індивідуального розрахункового завдання.

9. Критерії оцінювання

Поточний контроль здійснюється під час проведення семінарських та індивідуальних занять у вигляді теоретичних співбесід, виконання практичних робіт та написання студентами поточних контрольних робіт.

Проміжний контроль у вигляді тестування студентів за основними розділами курсу, захисту індивідуального розрахункового завдання.

Підсумковий контроль проводиться у формі заліку (5 семестр) та екзамену (6 семестр).

Загальні критерії оцінювання результатів поточного контролю з дисципліни (загальна сума балів кожного семестру – по 50 балів):

40-50 балів	Студент виявив цілковите володіння навчальним матеріалом, вмів аргументовано його викладати під час усних опитувань та письмових відповідей. Усі виконанні практичні роботи та індивідуальне завдання продемонстрували здатність студента не тільки оперувати теоретичним матеріалом, але й застосовувати його на практиці, в процесі прийняття управлінських рішень, його здатність до аналітичного та критичного мислення
30-39 бали	Студент в цілому достатньо повно володіє навчальним матеріалом, здатний демонструвати знання теоретичних питань економічного аналізу. При цьому під час опитування допускає неточності, в розрахунках – незначні помилки. Виконані практичні роботи показують, що студенти не вистачає аргументованості при розв'язанні проблемних ситуацій
20-29 балів	Студент володіє навчальним матеріалом частково, демонструючи лише базові теоретичні знання. Відповіді під час опитування неточні, поверхневі, недостатньо аргументовані. Студент має труднощі при поясненні результатів розрахунків, отриманих при виконанні практичних робіт. Індивідуальне завдання виконано на низькому рівні.
0-19 бали	Студент не володіє або недостатньо володіє навчальним матеріалом, не розуміє більшості теоретичних питань. Практичні роботи та індивідуальне завдання не виконанні, або виконані невірно.

Залік проводиться у формі написання підсумкової контрольної роботи за темами курсу (50 балів).

Екзамен проводиться у письмовій формі. Екзаменаційний білет містить 3 блоки завдань:

1. Теоретичний (дати визначення основних термінам та поняттям з теорії моделювання та прогнозування) – 10 балів;

2. Теоретико-прикладний (розв'язати тестові завдання) – 30 балів (1 бал за кожен вірну відповідь)
3. Практичний (виконати практичне завдання) – 10 балів.

Оцінювання розв'язання практичної задачі відбувається за наступними критеріями:

9-10 балів	Завдання вирішено вірно, наведено розрахунок, отримано вірні відповіді, зроблено правильні висновки
5-8 балів	Наведено розрахунок з деякими неточностями або допущені помилки у розрахунках, зроблено не зовсім точні висновки
2-4 балів	Наведено невірний розрахунок, застосовано невірно формули розрахунку показників, відсутні висновки
0-1 балів	Завдання вирішено невірно, відсутній розрахунок, відсутні висновки

10. Засоби оцінювання

Опитування на семінарських заняттях, розв'язання практичних завдань, перевірка результатів практичних робіт, поточні тестування за темами курсу.

Контрольні питання, що виносяться на залік/екзамен:

1. Поняття моделі. Класифікація моделей.
2. Моделювання як метод наукового пізнання.
3. Використання моделювання при дослідженні і проектуванні складних систем.
4. Поняття про множинне, ієрархічне та цілісне представлення системи.
5. Різні підходи до визначення властивостей і функцій моделей.
6. Моделі об'єктів і процесів у сфері природокористування.
7. Типи моделей (матеріальні і уявні).
8. Особливості моделей різних типів і груп.
9. Етапи побудови моделі. Взаємозв'язки етапів.
10. Моделювання складних систем із використанням ІКТ (імітація).
11. Класифікація математичних моделей відповідно до властивостей, процесів що моделюються.
12. Порядок розробки математичних моделей процесів оцінки ресурсів природокористування.
13. Системний підхід до побудови математичних моделей. Поняття системи. Властивості систем.
14. Порядок розробки математичних моделей у сфері природокористування.
15. Поняття «прогноз».
16. Прогнозування та його принципи.
17. Моделювання як етап прогнозування.
18. Етапи прогнозування.
19. Види прогнозів.
20. Ситуаційний прогноз.
21. Сутність та особливості застосування статистичних методів в моделюванні.

22. Статистична методологія. Етапи статистичного дослідження.
23. Основні статистичні терміни та поняття.
24. Інформаційне забезпечення еколого-статистичних досліджень.
25. Сутність та види екологічної інформації. Етапи та техніка збору та обробки екологічної інформації.
26. Характеристика основних етапів статистичного дослідження.
27. Система статистичних показників як інформаційна основа процесу моделювання.
28. Статистичні методи оцінки варіації.
29. Сутність та види взаємозв'язків в екології. Методи оцінки взаємозв'язків.
30. Дисперсійний аналіз. Показники, що застосовуються в дисперсійному аналізі.
31. Поняття кореляції. Кореляційний аналіз.
32. Поняття регресії. Регресійний аналіз.
33. Статистичні методи аналізу часових рядів. Прогнозування динаміки розвитку процесів в навколишньому середовищі.
34. Застосування статистичних моделей в екології.
35. Поняття кореляційно-регресійного моделювання.
36. Регресійні моделі: особливості побудови та оцінки адекватності, значимості та надійності.
37. Особливості розрахунку параметрів рівнянь регресії та вибір форми. Метод найменших квадратів.
38. Інтерпретація результатів кореляційно-регресійного моделювання.
39. Прогнозування на основі регресійних моделей.
40. Елементарні функції та їх застосування в екології.
41. Оптимізаційні моделі в екології. Поняття оптимізації.
42. Дослідження операцій на основі оптимізаційних моделей.
43. Сутність та структура оптимізаційної задачі.
44. Задачі математичного програмування. Лінійне програмування.
45. Етапи побудови оптимізаційних задач.
46. Приклади оптимізаційних задач в екологічних дослідженнях.
47. Пошук рішення як інструмент автоматизації розв'язання оптимізаційних задач в середовищі MS Excel.
48. Моделювання гідроекологічних процесів і функціонування водних екосистем
49. Математичне моделювання і прогнозування забруднення атмосфери.
50. Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового та рослинного середовища.
51. Математичні моделі просторово розподілених екосистем.
52. Імітаційне математичне моделювання і проблеми гідроекологічного моніторингу.

**11. Розподіл балів, які отримують студенти
5 семестр**

Аудиторна та самостійна робота	Залік	Сума
--------------------------------	-------	------

ЗМ1	ЗМ 2	Індивідуальне розрахункове завдання		
T1-T3	T4-T7	20	50	100
15	15			

6 семестр

Аудиторна та самостійна робота			Екзамен	Сума
ЗМ 2	ЗМ 2	Індивідуальне розрахункове завдання		
T8-T11	T12-T16	20	50	100
15	15			

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (екзамен)	Оцінка за національною шкалою (залік)
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення

Виконання практичних робіт студентами передбачає використання персонального комп'ютеру з доступом до мережі Інтернет (для отримання статистичних даних) та програмою MS Excel (для обробки даних).

12. Рекомендовані джерела інформації**Базові**

1. Моделювання та прогнозування стану довкілля: підручник / В.І. Лаврик, В.М. Боголюбов, Л.М. Полетаєва та ін. - К. : ВЦ «Академія», 2010. – 400 с.

2. Богобоящий В.В. Принципи моделювання та прогнозування в екології: підручник для вузів / В.В. Богобоящий, К.Р. Чурбанов, П.Б. Палій, В.М. Шмандій. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.

3. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навчальний посібник / П.І. Ковальчук. - Київ: ІВЦ "Вид-во "Політехніка", ТОВ Фірма "Періодика", 2005.– 152 с.

4. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: підручник / Геєць В.М., Клебанова Т.С., Черняк О.І., Іванов В.В., Дубровіна Н.А., Ставицький А.В. – Х.: ВД „ІНЖЕК”, 2005. – 396 с.

5. Пасічник Т.В. Моделювання та прогнозування стану довкілля: навчальний посібник / Т.В. Пасічник. – Львів: «Магнолія 2006», 2016. – 200 с.

Допоміжні

1. Тарасова В.В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань): підручник / В.В. Тарасова. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с

2. Лугінін О.Є. Статистика: [підручник] / О.Є. Лугунін. - [2-е вид., перероб. та доп.]. - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 608 с.

3. Статистика: [підручник] / С.С. Герасименко, А.В. Головач, А.М. Єрина та ін.; за наук. ред. д.е.н. С.С. Герасименка. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.:КНЕУ, 2000. – 467 с.