

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Навчально-науковий інститут хімії та екології
Кафедра екології та охорони навколишнього середовища**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІХЕ

/проф. Василь ЛЕНДЕЛ/

« 26 » 06 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ»

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський) рівень
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	101 Екологія
Освітня програма	Екологія та охорона навколишнього середовища
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для здобувачів вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 101 Екологія освітньої програми Екологія та охорона навколишнього середовища.

Розробники: РОМАН Людмила Юріївна, к.х.н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища;

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри екології та охорони навколишнього середовища

протокол № 12 від «22» червня 2023 р.

Завідувач кафедри



Сергій СУХАРЄВ

Схвалено науково-методичною комісією ННІХЕ

протокол № 10 від «26» 06 2023 р.

Голова науково-методичної комісії



Михайло СЛИВКА

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	IV - ий	-
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин денної форми навчання: аудиторних – 5,7 самостійної роботи студента – 6	7 - ий	-
	Лекції:	
	34	-
	Практичні (семінарські):	
	30	
Вид підсумкового контролю: іспит	Лабораторні:	
	40	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	106	-

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни **«Моделювання та прогнозування стану довкілля»** є формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок в галузі математичного моделювання реальних процесів розповсюдження шкідливих домішок у довкіллі, складання прогнозів забруднення довкілля та застосування їх для регулювання промислових викидів підприємств в навколишнє середовище. Одержані знання та навички необхідні для роботи у державних та відомчих виробничих підрозділах, що здійснюють контроль стану навколишнього природного середовища, а також у науково-дослідницьких установах, які займаються проблемами охорони довкілля.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.
- ЗК 2. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 6. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
- ЗК 8. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК 11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК 14. Здатність до вирішення проблем інноваційного характеру та пошуку альтернативних рішень у професійній діяльності.

Фахові компетентності (ФК):

- ФК 15. Знання та розуміння теоретичних основ екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.
- ФК 17. Розуміння основних теоретичних положень, концепцій та принципів математичних та соціальноекономічних наук.
- ФК 19. Здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.
- ФК 21. Здатність проводити екологічний моніторинг та оцінювати поточний стан навколишнього середовища.
- ФК 24. Здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень.
- ФК 25. Здатність інформувати громадськість про стан екологічної безпеки та збалансованого природокористування.
- ФК 26. Здатність до опанування міжнародного та вітчизняного досвіду вирішення регіональних та транскордонних екологічних проблем.
- ФК 27. Здатність до участі в управлінні природоохоронними діями та/або екологічними проектами.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

1. ОК 5. Вища математика.
2. ОК 7. Обчислювальна техніка і основи програмування.
3. ОК 17. Техноекологія.
4. ОК 18. Моніторинг довкілля у тому числі курсова робота.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Моделювання та прогнозування стану довкілля», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень.	8
Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення.	9
Уміти застосовувати програмні засоби, ГІС-технології та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень.	10
Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.	11
Уміти доносити результати діяльності до професійної аудиторії та широкого загалу, робити презентації та повідомлення.	14
Брати участь у розробці проектів і практичних рекомендацій щодо збереження довкілля.	22

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля»:

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
1	2
Уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел (наукової, навчальної літератури та інтернет-ресурсів) для прийняття обґрунтованих рішень в галузі екології.	8

1	2
Демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем та їх наслідків для здоров'я населення і стану об'єктів довкілля та обдуманого вибору шляхів їх вирішення.	9
Уміти застосовувати програмні засоби Microsoft (Word, Excel, PowerPoint) та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення екологічних досліджень.	10
Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на екологічний стан об'єктів довкілля (повітря, водні ресурси, ґрунти, біорізноманіття флори і фауни).	11
Уміти доносити результати спостереження, моделювання та прогнозу в галузі екології до професійної аудиторії та широкого загалу, робити презентації та повідомлення щодо реального екологічного стану об'єктів довкілля та наслідків забруднення навколишнього середовища.	14
Брати участь у розробці проєктів і практичних рекомендацій щодо збереження довкілля, раціонального використання та розробці дескриптивних і прескриптивних прогнозів.	22

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- екзамен;
- тести;
- наскрізні та командні проєкти;
- реферати;
- розрахункові та розрахунково-графічні роботи;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- презентації та виступи на наукових заходах;
- сертифікат неформальної освіти (за тематикою).

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: виконання практичних завдань, захисту лабораторних робіт, виступів на семінарських заняттях, проведення контрольних робіт та колоквиумів. Контроль самостійної роботи здійснюється шляхом перевірки виконаних завдань на практичних, лабораторних та індивідуальних заняттях, захисту лабораторних робіт, написання рефератів. Неформальна освіта (підтверджена сертифікатом).

Форма модульного контролю: письмові контрольні роботи або тестування (комп'ютерного чи письмового).

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен з навчальної дисципліни в обсязі навчального матеріалу, передбаченого робочою програмою навчальної дисципліни.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	50	100
7	7	7	7	7	7	8		

T1 - Місце і роль задач моделювання в комплексі взаємопов'язаних задач аналізу та прогнозування екологічних процесів; T2 - Елементарні функції та їх використання в екології; T3 - Застосування диференціальних рівнянь при моделюванні екологічних процесів; T4 - Наближені числа, операції з ними. Похибки функцій; T5 - Системи диференціальних рівнянь; T6 - Регресійний аналіз та його застосування до моделювання нелінійних процесів; T7 - Моделювання динаміки чисельності окремих популяцій.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	50	100
7	7	7	7	8	7	7		

T8 - Моделювання гідро екологічних процесів і функціонування водних екосистем; T9 - Моделювання водного та гідрохімічного режимів; T10 - Моделювання розповсюдження газоподібних домішок в атмосфері; T11 - Статистичні моделі забруднення атмосферного повітря; T12 - Імітаційна модель прогнозування розповсюдження домішок у атмосферному повітрі ОНД-86; T13 - Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового і рослинного середовищ; T14 - Адекватність математичних моделей. Критерії адекватності. Експертні системи.

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	8	20	7	20
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	5	25	5	25
Презентація	-	-	1	5
Реферат	1	5	-	-
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні модульної контрольної роботи враховується обсяг і правильність виконаних завдань:

- а) оцінка «відмінно» (А) ставиться за правильне виконання всіх завдань (або більше 90% усіх завдань);
- б) оцінка «добре» (В) ставиться за виконання 85% усіх завдань;
- в) оцінка «добре» (С) ставиться за виконання 75% усіх завдань;
- в) оцінка «задовільно» (D) ставиться, якщо правильно виконано 65% запропонованих завдань;
- в) оцінка «задовільно» (Е) ставиться, якщо правильно виконано більше 50% запропонованих завдань;
- г) оцінка «незадовільно» (FX) ставиться, якщо завдань виконано менше від 50 %.

Неявка на модульну контрольну роботу – 0 балів.

Вище наведені оцінки трансформуються в рейтингові бали у такий спосіб:

- «А» – 45 - 50 балів;
- «В» – 41-45 балів;
- «С» – 37-40 балів;
- «D» – 32-36 балів.
- «Е» – 30-31 бал;
- «FX» – менше 30 балів.
- Неявка на МКР – 0 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Оцінка *відмінно* (А) виставляється, коли студент дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання студент застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (В) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (С) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання, а програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.

Оцінка *задовільно* (D) виставляється, коли студент розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння програмного матеріалу.

Оцінка *задовільно* (Е) виставляється, коли студент неповністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі у студента.

Оцінка *незадовільно* (**FX**) виставляється студенту, який не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий студент виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.

Оцінка *незадовільно* (**F**) виставляється студенту, який не виконав навчальну програму або якийсь елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий студент не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні.

За результатами контролю знань студентів, дозволяється виставлення екзаменаційної оцінки (без підсумкового іспиту) – «відмінно», «добре», та «задовільно». Студент має право підвищити оцінку, складаючи іспит.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		<i>для іспиту</i>
90-100	A	відмінно
82-89	B	добре
74-81	C	
64-73	D	задовільно
60-63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Тема 1. Місце і роль задач моделювання в комплексі взаємопов'язаних задач аналізу та прогнозування екологічних процесів.

Проблеми екології та математичне моделювання. Біосфера і актуальність проблеми охорони навколишнього середовища. Застосування задач моделювання і прогнозування до об'єктів навколишнього середовища. Класифікація моделей. Математичні моделі. Основні принципи математичного та імітаційного моделювання. Методологія математичного моделювання природного середовища. Етапи створення моделі. Системний підхід до вивчення математичних моделей.

Поняття про прогноз. Методи прогнозування. Види прогнозу. Принципи прогнозування. Етапи прогнозування.

Тема 2. Елементарні функції та їх використання в екології.

Елементарні функції та їх використання в екології. Способи задання функції. Лінійна, пряма та обернена пропорційна залежності. Гіперболічна та параболічна залежності. Дробово-лінійна функція. Рівняння Міхаеліса-Ментен. Степенева, показникові та логарифмічні функції. Приклад застосування в екології показникової і логарифмічної функцій (на прикладі розмноження бактерій). Тригонометричні функції: означення то графіки, основні їх співвідношення та застосування до моделювання періодичних процесів.

Тема 3. Застосування диференціальних рівнянь при моделюванні екологічних процесів.

Поняття про диференціальні рівняння. Задача Коші. Похідна та її геометричний зміст. Механічний зміст похідної. Операції диференціювання та інтегрування. Способи розв'язку диференціальних рівнянь: аналітичний (метод Бернуллі, Лагранжа та ін.) та чисельний. Недоліки аналітичних методів розв'язання диференціальних рівнянь. Поняття про чисельні методи. Метод Ейлера. Модифікований метод Ейлера. Метод Рунге-Кутта 1-4 порядків. Приклад простої математичної моделі в екології із побудовою похідної та диференціального рівняння.

Тема 4. Наближені числа, операції з ними. Похибки функцій.

Поняття наближеного числа. Класифікація похибок наближених чисел. Абсолютна похибка. Відносна похибка. Форми запису наближеного числа. Поняття про значущі цифри. Заокруглення чисел. Оцінка похибок значень функцій. Особливості комп'ютерної реалізації моделей. Види помилок і

похибок при комп'ютерній реалізації. Обернений аналіз похибок. Класифікація моделей. Розклад функцій в ряди Тейлора та Маклорена.

Тема 5. Системи диференціальних рівнянь.

Поняття про системи диференціальних рівнянь. Способи розв'язку систем диференціальних рівнянь: аналітичний та чисельний. Метод Ейлера. Модифікований метод Ейлера. Метод Рунге-Кутта 4-го порядку. Приклад застосування систем диференціальних рівнянь в екології.

Прогностичні рівняння. Застосування прогностичних рівнянь в проблемі екологічного моніторингу. Інтегрування прогностичних рівнянь.

Тема 6. Регресійний аналіз та його застосування до моделювання нелінійних процесів.

Побудова емпіричних формул графічним способом. Метод найменших квадратів. Середньоквадратичне-відхилення. Дисперсія. Моделювання лінійних процесів (лінійний регресійний аналіз). Моделювання нелінійних процесів (Нелінійний регресійний аналіз). Побудова емпіричної формули методом найменших квадратів до моделювання нелінійних процесів. Застосування регресійного аналізу для прогнозу стану довкілля.

Тема 7. Моделювання динаміки чисельності окремих популяцій.

Моделювання динаміки популяцій. Експоненціальний закон. Види міжпопуляційних взаємовідносин. Гіпотези Вольтера щодо співіснування популяцій. Дослідження найпростіших моделей. Модель Мальтуса. Закон прямої пропорціональної залежності. Графік зростання популяції. Логістичне рівняння стабілізації чисельності популяції. Модель «конкуренції». Модель Вольтера-Лотки («хижак-жертва»).

Моделювання трофічного ланцюга. Концептуальна та математична модель трофічного ланцюга. Математичні моделі спрощеного трофічного ланцюга водної екосистеми.

Модуль 2

Тема 8. Моделювання гідроекологічних процесів і функціонування водних екосистем.

Особливості водних екосистем. Основні завдання гідроекології. Основні принципи та особливості математичного моделювання гідроекологічних процесів. Фактори, що впливають на формування якості води у поверхневих водах. Аналітичні методи моделювання водних об'єктів. Балансові моделі. Принцип збереження маси води. Принцип збереження енергії потоку. Принцип збереження маси речовини, що піддається біодеградації. Принцип збереження маси розчиненого кисню. Поняття про ассимілюючу здатність потоку.

Тема 9. Моделювання водного та гідрохімічного режимів.

Фактори, що впливають на стан водного об'єкта. Схема побудови імітаційної моделі гідрохімічного та водного режимів. Моделювання розподілу домішок в водних потоках від різних джерел викиду (миттєвих, неперервної дії). Концепція одержання рівняння розповсюдження забруднювальної речовини у річковій, озерній системах та системах ґрунтових вод.

Кисневий режим і деструкція органічних речовин. Модель РК-БПК. Модель Флепса-Стрітера. Багатокамерна двокомпонентна модель. Модель Флепса-Стрітера для відкритих систем.

Тема 10. Моделювання розповсюдження газоподібних домішок в атмосфері.

Постановка задачі розрахунку поширення атмосферних домішок. Типи стаціонарних організованих джерел забруднення атмосфери. Формування димового факела викиду забруднювальних речовин в атмосферу. Умови, які впливають на розповсюдження домішок у зоні джерела викидів в атмосферу. Моделювання дальності розповсюдження домішок в атмосфері. Моделювання факторів впливу на забруднення повітря. Типові моделі розповсюдження забруднювальних речовин в атмосферу: модель «клубка», «факела» та «пера».

Рівняння балансу атмосферних домішок. Початкові граничні умови. Розповсюдження пасивних атмосферних домішок від миттєвих та постійнодіючих джерел при постійному коефіцієнті турбулентності. Рівняння балансу атмосферних домішок при стаціонарних процесах для граничного шару атмосфери.

Тема 11. Статистичні моделі забруднення атмосферного повітря.

Емпіричні моделі. Емпірична модель Берлянда. Математичне моделювання концентрації домішок у приземному шарі атмосфери. Особливості моделювання забруднення атмосфери викидами лінійного джерела. Особливості моделювання забруднення атмосфери викидами групи джерел та площинних джерел. Моделювання якості стану атмосфери. Фонові концентрації домішки у атмосферному повітрі.

Моделювання процесу розповсюдження інертних газоподібних викидів від різних видів джерел - точкових, лінійних, площинних.

Статистичні моделі забруднення атмосферного повітря. Модель Сеттона. Метод розпізнавання образів. Метод послідовної графічної регресії. Прогноз забруднення атмосфери міста.

Тема 12. Імітаційна модель прогнозування розповсюдження домішок у атмосферному повітрі ОНД-86.

Методика розрахунку концентрацій ОНД-86. Константи та змінні, що використовуються у методиці, їх значення і фізичний зміст. Прогноз приземного поля концентрацій домішок. Прогноз концентрації домішок у

залежності від висоти. Прогноз полів концентрацій домішок від точкових та лінійних джерел. Алгоритм оптимізації взаємно діючих джерел викиду.

Тема 13. Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового і рослинного середовищ.

Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах. Системний підхід до вивчення процесів міграції радіонуклідів в агроценозах. Моделі міграції радіонуклідів у системі «ґрунт-рослина». Математичне моделювання процесу поглинання важких металів ґрунтом і рослинами.

Основні характеристики ґрунту, які обумовлюють поглинання важких металів. Розрахунок швидкості поглинання та міграції важких металів у ґрунті і рослинах та коефіцієнта токсичності важких металів для рослин.

Моделювання впливу осолонцювання та засолення ґрунту на ріст і розвиток рослин та їх екологічну чистоту. Розрахунок виносу біогенних елементів із сільськогосподарських угідь.

Тема 14. Адекватність математичних моделей. Критерії адекватності. Експертні системи.

Пріоритетні напрямки в екології. Адекватність моделі. Порівняння результатів прогнозу за різними моделями. Неформальна (модельні випадки) та формальна перевірка відповідності. Перевірочна вибірка спостережень об'єкта. Критерії адекватності: ESS - сума квадратів залишків моделювання, залишкова дисперсія, стандартна похибка моделювання (SEE), коефіцієнт детермінації, середня похибка апроксимації, критерій Шварца (BIC), F-критерій Фішера, критерій Стюдента (t-критерій), критерій регулярності, корінь з середньої суми квадратів залишків моделювання (RSME), тощо. Оцінка достовірності прогнозу.

Поняття про експертні системи. Класифікація експертних систем за різними ознаками. Теорія прийняття рішення. Економіко-статистичний підхід до регулювання забруднення.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1-ий семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Місце і роль задач моделювання в комплексі взаємопов’язаних задач аналізу та прогнозування екологічних процесів.	10	2	-	-	-	8
Тема 2. Елементарні функції та їх використання в екології.	14	2	2	4	-	6
Тема 3. Застосування диференціальних рівнянь при моделюванні екологічних процесів.	19	2	4	4	1	8
Тема 4. Наближені числа, операції з ними. Похибки функцій.	12	2	4	-	-	6
Тема 5. Системи диференціальних рівнянь.	18	2	4	4	-	8
Тема 6. Регресійний аналіз та його застосування до моделювання нелінійних процесів.	13	2	-	4	1	6
Тема 7. Моделювання динаміки чисельності окремих популяцій.	17	2	2	4	1	8
Модульна контрольна робота	2	2	-	-	-	-
Разом за модуль	105	16	16	20	3	50
Модуль 2						
Тема 8. Моделювання гідроекологічних процесів і функціонування водних екосистем.	14	2	2	4	-	6
Тема 9. Моделювання водного та гідрохімічного режимів.	21	2	4	4	1	10
Тема 10. Моделювання розповсюдження газоподібних домішок в атмосфері.	15	2	2	-	1	10
Тема 11. Статистичні моделі забруднення атмосферного повітря.	14	2	2	4	-	6
Тема 12. Імітаційна модель прогнозування розповсюдження домішок у атмосферному повітрі ОНД-86.	14	2	2	4	-	6
Тема 13. Математичне моделювання і прогнозування забруднення ґрунтового і рослинного середовищ.	17	4	2	4	1	6
Тема 14. Адекватність математичних моделей.	8	2	-	-	-	6
Модульна контрольна робота	2	2	-	-	-	-
Разом за модуль	105	18	14	20	3	50
Разом за семестр	210	34	30	40	6	100

6.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1	Наближені числа. Операції з похибками.	4
2	Розклад функцій у ряд Тейлора та ряд Маклорена.	2
3	Аналітичні методи розв'язання диференціальних рівнянь.	4
4	Аналітичні методи розв'язання систем диференціальних рівнянь.	4
5	Задачі, які призводять до створення диференціальних рівнянь	2
6	Моделювання динаміки популяцій.	2
7	Розрахунки розповсюдження домішок в озерах і водосховищах.	2
8	Розрахунки розповсюдження домішок у водних потоках.	2
9	Розрахунок концентрації розчиненого кисню в водному потоці.	2
10	Математичне моделювання концентрації домішок у приземному шарі атмосфери.	2
11	Статистичні методи прогнозування забруднення атмосферного повітря	2
12	Математичне моделювання концентрації домішок у ґрунтах.	2
Всього		30

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Основні елементарні функції та їх застосування до моделювання динаміки популяцій.	4
2	Знаходження розв'язків диференціальних рівнянь чисельними методами (Ейлера та Рунге-Кутта 4 порядку).	4
3	Знаходження розв'язків систем диференціальних рівнянь чисельними методами. Моделювання динаміки популяцій.	4

1	2	3
4	Регресійний аналіз у процесі моделювання об'єктів довкілля.	4
5	Розрахунки розповсюдження домішок у водних потоках	4
6	Розрахунки розповсюдження домішок у озерах та водосховищах.	4
7	Двохфакторна модель. Модель Фелпса-Стрітера для поверхневих водних систем.	4
8	Прогнозування концентрації інертної домішки в атмосферному повітрі за методикою ОНД-86. Модель Гауса.	4
9	Статистичні методи прогнозування забруднення атмосферного повітря.	4
10	Моделювання та прогнозування процесів забруднення у ґрунтах.	4
Всього		40

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість
		годин денна
1	Моделювання, як частина моніторингу.	6
2	Прогностичні рівняння.	6
3	Поняття про гео-інформаційні системи.	6
4	Інтегрування прогностичних рівнянь.	6
5	Застосування математичних моделей у фізиці і хімії.	6
6	Кисневий режим і деструкція органічних речовин	6
7	Класифікацій моделей в екології.	8
8	Формування концепції моделі і її побудова.	6
9	Параметризація моделі (попередня оцінка, оптимізація параметрів і аналіз чутливості параметрів).	8
10	Імітаційне моделювання. Випробування моделі.	6
11	Алгоритм оптимізації взаємно діючих джерел викиду.	8
12	Перевірка значущості моделі.	6
13	Динаміка популяцій. Різні типи взаємодій.	8
14	Згладжування емпіричних даних.	6
15	Види кривих: логарифмічна, експонента, показникова, тригонометричні функції.	8
Разом		100

6.5. Індивідуальні завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання, студент виконує за рахунок годин самостійної роботи під загальним керівництвом викладача.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання забруднення ґрунтів пестицидами.	1
2	Моделі забруднення атмосфери типовими забруднюючими течовинами (SO ₂ , CO ₂ тощо).	1
3	Аналіз ризику появи надзвичайних ситуацій.	1
4	Прогнозування паводків і повеней.	1
5	Тренд-аналіз. Балансові методи досліджень.	1
6	Прогноз: види та методологія.	1
Всього		10

*Примітка. Матеріали для самостійного вивчення на електронних носіях інформації студенти отримують у викладача.

Виконання індивідуального завдання може бути зараховано за наявності відповідного сертифікату неформальної освіти (за тематикою).

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: пристрої збереження та обробки інформації (ПК, ноутбук, планшет, тощо).

Програмне забезпечення: Microsoft (Word, Excel, PowerPoint).

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Лаврик В.І. Моделювання і прогнозування стану довкілля. К.: *Академія*. 2010. 400 с.
2. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: Навчальний посібник. К: *Либідь*, 2003 – 208 с.
3. Біляєв М. М., Біляєва В. В., Кіріченко П. С. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Кривий Ріг: *Вид. Р. А. Козлов*, 2016. 207 с.
4. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. К.: *Фітосоціоцентр*. 2002. – 204 с.
5. Пасічник Т.В. Моделювання та прогнозування стану довкілля: Навч. посібник. Львів: *Магнолія 2006*. 2013. 200 с.
6. Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Конспект лекцій. Одеса: *ОДЕКУ*, 2004. 191 с.

7. Ясковець І.І., Протас Н.М., Касаткін Д.Ю., Осипова Т.Ю., Навчальний посібник з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів денної форми навчання для вищих навчальних закладів III-IV рівня акредитації ОС «Бакалавр» за напрямом підготовки 101 - Екологія. К.: Видання НУБіП. 244 с.
8. Богобоящий В.В., Курбанов К.Р., Палій П.Б., Шмандій В.М. Принципи моделювання та прогнозування в екології: підручник. К.: Центр навчальної літератури. 2004. 216 с.
9. Диханов С.М. Моделювання і прогнозування стану довкілля: навч. посібник. Одеса: Одеська державна академія холоду, 2010. 175 с.
10. Заграй Я. М., Котовенко О. А. Моделювання і прогнозування стану довкілля. К.: КПП, 2007. 68 с.

Допоміжна література

1. Ящолт А.Р. Матеріали для самостійної роботи студентам по дисципліні Моделювання і прогнозування стану довкілля. Вінниця: ВНТУ, 2013. 132 с.
2. Рибалов О.О. Збірник завдань до практичних робіт з курсу «Моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища». Розділ 2 «Локальні моделі прогнозування процесів забруднення атмосферного повітря». Суми: Вид-во СумДУ, 2009. 68 с.
3. Чепурна Т.Б. Моделювання і прогнозування стану довкілля: лаб. практикум. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. 115 с.
4. Скіп Б.В., Філіпчук Т.В., Моделювання та прогнозування стану довкілля. Практикум, Чернівці: «Рута», 2006. 68 с.
5. Коноваленков В. С., Заборова Т. М. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Вища математика» (розділ «Диференціальні рівняння») для студентів усіх спеціальностей. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2010. 36с.
6. Мокін В. Б., Поплавський А. В., Ящолт А. Р., Боцула М. П. Технології обробки та моделювання екологічної та економічної інформації. Вінниця: ВНТУ, 2015. 130 с.

Методичне забезпечення

1. Роман Л. Ю., Чундак С.Ю., Марійчук Р.Т. Навчально-методичні вказівки для практичних занять з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів хімічного факультету, напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», 6.101 «Екологія». Ужгород: Вид-во «Говерла», 2018. 59 с.
2. Роман Л. Ю., Чундак С.Ю., Марійчук Р.Т. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів хімічного факультету, спеціальності 6.101 Екологія. Ужгород: ПВ «Уждррук», 2021. 54 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Заграй Я. М., Котовенко О. А. Моделювання і прогнозування стану довкілля. Режим доступу: <http://manualem.com/book/577-modelyuvannya-i-prognozuvannya-stanu-dovkillya/2-anotaciya.html>
2. Мокін В.Б. Ящолт А.Р. Варчук І.В. Скорина Л.М. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Лабораторний практикум. Режим доступу: https://ecopy.posibnyky.vntu.edu.ua/txt/2018/Mokin_iasholt_%D0%9C%D0%9F%D0%A1%D0%94_lp_p018.pdf
3. Бараннік В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля». Режим доступу: https://eprints.kname.edu.ua/46510/1/2016_%D0%BF%D0%B5%D1%87_37%2825%29%D0%9B_%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%96%D0%BA_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97%28%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%29%20%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%20%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82.pdf

Додаток 2**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)