

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н - 3.04

Донецький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Кафедра корисних копалин та екологічної геології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор (заступник директора)
з навчальної роботи

“ _____ ” _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

напрямок підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”

(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціальність _____
(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація _____ екологічна геологія
(назва спеціалізації)

інститут, факультет, відділення _____ Факультет екології та хімічної технології
(назва інституту, факультету, відділення)

Донецьк – 2013 рік

Робоча програма **моделювання та прогнозування стану довкілля**
(назва навчальної дисципліни)

для студентів за напрямом підготовки 6.040106 "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування", спеціальністю _____, „_____” _____, 2013 року- __ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)
 Волкова Тетяна Петрівна, зав. кафедри корисних копалин та екологічної геології, доктор геологічних наук, професор

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри (предметної комісії) _____

Протокол від. “ _____ ” _____ 20__ року № ____

Завідувач кафедри (циклової, предметної комісії) _____

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)
 “ _____ ” _____ 20__ року

Схвалено методичною комісією вищого навчального закладу за напрямом підготовки (спеціальністю) _____
(шифр, назва)

Протокол від. “ _____ ” _____ 20__ року № ____

“ _____ ” _____ 20__ року Голова _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5,5	Галузь знань <u>0401 Природничі науки</u> (шифр і назва)	Нормативна	
	Напрям підготовки <u>6.040106“Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”</u> (шифр і назва)		
Модулів – 4	Спеціальність (професійне спрямування): <u>екологічна геологія</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 5		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>курсний проект</u> (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 198		осінній	весняний
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – самостійної роботи студента -	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	16 год.	30 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		16 год.	15 год.
		Самостійна робота	
		год.	год.
Індивідуальні завдання: год.			
Вид контролю:			

Примітка.

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

для денної форми навчання -

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» - це формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок у галузі:

- 1) статистичного моделювання процесів у навколишньому природному середовищі (регресійні моделі та моделі часових рядків);
- 2) імітаційного моделювання процесів антропогенного впливу на елементи довкілля;
- 3) використання стохастичних методів прогнозування забруднення довкілля під впливом антропогенних факторів;
- 4) розробки і використання імітаційних моделей для вирішення типових задач природоохоронної діяльності.

Завдання навчити студентів основам використання методів математичного моделювання при дослідженні процесів антропогенного впливу на навколишнє природне середовище та здійсненні різних функцій екологічного управління, зокрема:

- у циклі процесу екологічного моніторингу довкілля - на етапі розробки стратегії та програми моніторингу та на етапі обробки даних;
- при оцінці впливу різних факторів антропогенного навантаження на довкілля (фактичного або прогнозного), прогнозуванні стану компонентів навколишнього середовища під впливом природних та антропогенних факторів; у тому числі при виконанні процедури оцінки впливу на навколишнє середовище – ОВНС;
- при розробці та оцінці ефективності природоохоронних заходів.

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

- Визначення понять «модель» та «прогноз». Типи моделей, що використовуються в області охорони навколишнього природного середовища. Етапи моделювання та їх послідовність.
 - 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.
 - Основні визначення щодо моделі випадкового процесу з стаціонарними прирощеннями (фрактального броунівського руху).
- Базові концепції геостатистики.
- Концептуальні моделі розповсюдження забруднюючих речовин у водних об'єктах та атмосфері.
 - Загальне рівняння транспорту забруднюючих речовин.
 - Математична модель дифузії.
 - Модель евтрофікації водних об'єктів.
 - Моделі азотного і фосфорного циклів у гідросфері.
 - Модель балансу розчиненого кисню в водних об'єктах.
 - Модель біоаккумуляції забруднення.
 - Підходи до схематизації об'єктів моделювання при моделюванні розповсюдження забруднення.
 - Особливості моделювання різних типів водних об'єктів.
 - Процеси розповсюдження забруднення в атмосферному повітрі.
 - Основні моделі для розповсюдження забруднення в атмосферному повітрі.
 - Концептуальна модель міграції радіонуклідів.
 - Диференціальна та у кінцевих різностях форми рівнянь Мельтуса
 - Диференціальна та у кінцевих різностях форми рівнянь Лотка-Вальтерра.

- Сучасні моделі кругообігу хімічних елементів у біосфері.
- Підходи до моделювання динаміки еколого-економічних систем.
- Головні положення концептуальної моделі біосфери Вернадського.

вміти:

- Оптимально визначати клас моделей та засобів моделювання, який є необхідним для практичної задачі екологічного управління.
- 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.
- Оцінювати просторову змінність і виконати просторову інтерполяцію.

3. Програма навчальної дисципліни

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

Тема 1. Поняття «модель». Основні етапи розробки та використання моделі. Класифікації моделей. Використання математичного моделювання в галузі охорони навколишнього середовища. Верифікація моделі. «Зворотна задача» в моделюванні. Іспит моделі.

Тема 2. Поняття «прогноз». Моделювання як етап прогнозування. Ситуаційний прогноз. Етапи розробки імітаційної моделі. Експортна модель навантаження на річковий басейн від дифузних джерел забруднення.

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

Тема 1. Введення в теорію ймовірностей і математичну статистику. Ймовірнісний характер даних про навколишнє природне середовище (НПС). Джерела непевності при моделюванні процесів в НПС. Поняття «ймовірність». Поняття «випадкова величина». Простір елементарних подій. Умовна ймовірність. Формула повної ймовірності. Функція розподілу випадкової величини. Функція щільності розподілу випадкової величини. Нормальний розподіл випадкової величини. Стандартний нормальний розподіл. Математичне сподівання та дисперсія випадкової величини.

Тема 2. Генеральна сукупність та випадкова вибірка. Термін «статистика» (як характеристика вибірки). Вибірковий розподіл. Таблиця частот. Гістограма. Основні класи частотного розподілу. Міри положення: середнє арифметичне, властивості середнього арифметичного; мода; медіана та квантілі. Варіаційний розмах. Дисперсія. Вибіркові моменти розподілу. Стандартне відхилення. Асиметрія і Екссес.

Тема 3. Точкове оцінювання. Інтервальне оцінювання. Рівень значущості (довіри). Статистичні гіпотези. Параметричні та непараметричні методи в математичній статистиці.

Тема 4. Кореляційне поле. Коваріація. Коефіцієнт кореляції. Значимість коефіцієнту кореляції. Довірчий інтервал для коефіцієнту кореляції. Коефіцієнт множинної кореляції. Часткова кореляція.

Тема 5. Парна лінійна регресія. Оцінка якості підгонки регресійної моделі. Нелінійна регресія. Індекс кореляції. Стандартна помилка оцінки. Модель множинної лінійної регресії. Модель множинної лінійної регресії. Модель квантільної регресії.

Тема 6. Задачі аналізу часових рядків. Тренд. Сезонні варіації. Випадкова складова. Стаціонарні випадкові процеси. Автокореляційна функція. Корелограма. Авторегресія Ковзаючи середні. Тест Манна-Кендала для оцінки наявності тренду в часовому рядку. Модель Бокса-Дженкінса

(ARMA/ARIMA). Оцінка параметрів. Апроксимація інтерполяція і екстраполяція часових рядків. Експоненціальне сгладжування часових рядків.

Тема 7. Стационарні і нестационарні часові рядки. Ергодичність. Періодограма. Спектральна функція і спектральна щільність. Випадкове блукання. Процес Маркова. Модель броунівського руху. Процес Вінера. «Білий шум». Структурна функція процесу зі стационарними прирощеннями. Модель фрактального броунівського руху.

Тема 8. Задачі і підходи геостатистики. Варіографія. Семіваріограма. Кригінг. Значення масштабу дослідження варіабельності просторових показників. Типові моделі варіограми (лінійна, гаусова, де Війса). Анізотропія. Використання геостатистичних моделей просторової варіації в задачах охорони навколишнього природного середовища

Змістовий модуль 3. Моделювання і прогнозування наслідків антропогенного впливу на довкілля.

Тема 1. Введення в математичний апарат моделювання процесів забруднення довкілля. Моделювання антропогенного впливу на поверхневі водні об'єкти. Типові проблеми охорони поверхневих вод, які вимагають застосування імітаційного моделювання: евтрофікація, важкі метали, СО₂. Типізація джерел забруднення поверхневих вод.

Тема 2. Концептуальна модель екосистеми водного об'єкту. Концептуальна модель впливу забруднення на водні екосистеми. Концептуальна модель внутрішніх водоймних процесів. 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.

Тема 3. Можливості й обмеження одновимірної (точкової) моделі водного об'єкту. Область її ефективного використання. Моделювання процесів стратифікації та перемішування. 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.

Тема 4. Моделювання процесів сорбції й десорбції. Фізико-хімічні процеси розповсюдження забруднення СО₂: сорбція, біодеградація, гідроліз, іонізація, фотоліз. 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.

Тема 5. 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.

Тема 6. Врахування вертикальної стратифікації водних об'єктів при моделюванні. Особливості моделювання процесів формування якості води естуаріїв. Проблеми, де застосовується моделювання в області охорони підземних вод. Двохвимірний модель динаміки підземних вод. Трьохвимірний модель динаміки підземних вод. Граничні умови першого, другого та третього роду в гідродинамічних моделях підземних вод. Методи скінчених різностей і скінчених елементів при моделюванні гідродинаміки підземних вод. Граничні умови в гідродинамічних моделях підземних вод.

Тема 7. 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.

Тема 8. Концептуальна модель розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Процеси конвекції та адвекції в атмосфері. Масова та турбулентна дифузія в атмосфері. Модель гравітаційного осідання часток. Модель вологого видалення часток із атмосфері. Моделі хімічних процесів у атмосфері.

Тема 9. Концептуальна модель міграції радіонуклідів у екосистемах. Модель міграції радіонуклідів у водному середовищі. Модель міграції радіонуклідів у ґрунтах. Моделювання міграції радіонуклідів по харчових ланцюжках.

Змістовий модуль 4. Введення в математичні моделі популяційної екології.

Тема 1. Моделювання ізольованої популяції. Фазовий простір. Фазовий портрет системи. Рівновага у екологічній системі. Модель ізольованої популяції. Модель популяції, обмеженої зовнішніми ресурсами.

Тема 2. Моделювання відношення «хижак – жертва». Модель відносин конкуренції «хижак-хижак» та «продуцент-продуцент». Модель популяції, що підлягає промислу. Модель Лотка-Вольтерра.

Тема 3. Модель відносин конкуренції. Модель системи трьох трофічних рівнів. Критична щільність популяції продуцента. Хвильові процеси в динаміці популяцій/

Змістовий модуль 5. Моделювання і прогнозування глобальних біосферних процесів.

Тема 1. Сучасні моделі кругообігу елементів в системі атмосфера – рослинність – ґрунти –океан. Роль моделювання в глобальних дослідженнях. Система моделей глобальних біогеохімічних циклів у біосфері. Моделі кругообігу елементів в системі атмосфера – рослинність – ґрунти –океан. Принцип Ле-Шательє.

Тема 2. Концепція сталого розвитку. Роль і місце моделювання в процесі вибору та оцінки стратегії сталого розвитку. Моделювання в процесі оцінки стратегій розвитку. Сценарії розвитку водокористування, охорони водних ресурсів та прогнозування соціально-екологічних та економіко-екологічних криз. Модель Форрестера.

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
Осінній семестр						
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Понятійний апарат та загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля.						
Тема 1. Поняття «модель». Основні етапи розробки та використання моделі. Класифікації моделей. Використання математичного моделювання в галузі охорони навколишнього середовища. Верифікація моделі. «Зворотна задача» в моделюванні. Іспит моделі.	2	1		1		

1	2	3	4	5	6	7
Тема 2. Поняття «прогноз». Моделювання як етап прогнозування. Ситуаційний прогноз. Етапи розробки імітаційної моделі. Експортна модель навантаження на річковий басейн від дифузних джерел забруднення.	2	1		1		
Разом за змістовим модулем 1	4	2		2		
Змістовий модуль 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля.						
Тема 1 Введення в теорію ймовірностей і математичну статистику. Імовірнісний характер даних про навколишнє природне середовище (НПС). Джерела непевності при моделюванні процесів в НПС. Поняття «ймовірність». Поняття «випадкова величина». Простір елементарних подій. Умовна ймовірність. Формула повної ймовірності. Функція розподілу випадкової величини. Функція щільності розподілу випадкової величини. Нормальний розподіл випадкової величини. Стандартний нормальний розподіл. Математичне сподівання та дисперсія випадкової величини.	4	2		2		
Тема 2. Генеральна сукупність та випадкова вибірка. Вибірковий розподіл. Таблиця частот. Гістограма. Основні класи частотного розподілу. Міри положення: середнє мода; медіана та квантілі. Варіаційний розмах. Дисперсія. Вибіркові моменти розподілу. Стандартне відхилення. Асиметрія і Ексцесс.	4	2		2		
Тема 3. Точкове оцінювання. Інтервальне оцінювання. Рівень значущості. Статистичні гіпотези. Параметричні та непараметричні методи в математичній статистиці.	4	2		2		
Тема 4. Кореляційне поле. Коваріація. Коефіцієнт кореляції. Значимість коефіцієнту кореляції. Довірчий інтервал для коефіцієнту кореляції. Коефіцієнт множинної кореляції. Часткова кореляція.	4	2		2		

1	2	3	4	5	6	7
Тема 5. Парна лінійна регресія. Оцінка якості підгонки регресійної моделі. Нелінійна регресія. Індекс кореляції. Стандартна помилка оцінки. Модель множинної лінійної регресії. Модель квантільної регресії.	4	2		2		
Тема 6. Задачі аналізу часових рядків. Тренд. Сезонні варіації. Випадкова складова. Стаціонарні випадкові процеси. Автокореляційна функція. Корелограма. Авторегресія Ковзаючи середні. Тест Манна-Кендала для оцінки наявності тренду в часовому рядку. Модель Бокса-Дженкінса. Апроксимація інтерполяція і екстраполяція часових рядків. Експоненціальне сгладжування часових рядків.	2	1		1		
Тема 7. Стаціонарні і нестаціонарні часові рядки. Ергодичність. Періодограма. Спектральна функція і спектральна щільність. Випадкове блукання. Процес Маркова. Модель броунівського руху. Процес Вінера. «Білий шум». Структурна функція процесу зі стаціонарними прирощеннями. Модель фрактального броунівського руху.	2	1		1		
Тема 8. Задачі і підходи геостатистики. Варіографія. Семіваріограма. Кригінг. Значення масштабу дослідження варіабельності просторових показників. Типові моделі варіограми (лінійна, гаусова, де Війса). Анізотропія. Використання геостатистичних моделей просторової варіації в задачах охорони навколишнього природного середовища	4	2		2		
Разом за змістовим модулем 2	28					
Усього за осінній семестр	32	16		16		

1	2	3	4	5	6	7
Весняний семестр						
Модуль 1						
Змістовий модуль 3. Моделювання і прогнозування наслідків антропогенного впливу на довкілля.						
Тема 1. Введення в математичний апарат моделювання процесів забруднення довкілля. Моделювання антропогенного впливу на поверхневі водні об'єкти. Типові проблеми охорони поверхневих вод, які вимагають застосування імітаційного моделювання: евтрофікація, важкі метали, СО ₂ . Типізація джерел забруднення поверхневих вод.	3	2		1		
Тема 2. Концептуальна модель екосистеми водного об'єкту. Концептуальна модель впливу забруднення на водні екосистеми. Концептуальна модель внутрішніх водоймних процесів. 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.	3	2		1		
Тема 3. Можливості й обмеження одновимірної (точкової) моделі водного об'єкту. Область її ефективного використання. Моделювання процесів стратифікації та перемішування. 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.	3	2		1		

1	2	3	4	5	6	7
<p>Тема 4. Моделювання процесів сорбції й десорбції. Фізико-хімічні процеси розповсюдження забруднення CO₂: сорбція, біодеградація, гідроліз, іонізація, фотоліз. 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 моделювання якості поверхневих вод.</p>	3	2		1		
<p>Тема 5. 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.</p>	3	2		1		
<p>Тема 6. Врахування вертикальної стратифікації водних об'єктів при моделюванні. Особливості моделювання процесів формування якості води естуаріїв. Проблеми, де застосовується моделювання в області охорони підземних вод. Двохвимірний модель динаміки підземних вод. Трьохвимірний динаміки підземних вод. Граничні умови першого, другого та третього роду в гідродинамічних моделях підземних вод.</p>	3	2		1		
<p>Тема 7. 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.</p>	3	2		1		

1	2	3	4	5	6	7
Тема 8. Концептуальна модель розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Процеси конвекції та адвекції в атмосфері. Масова та турбулентна дифузія в атмосфері.	3	2		1		
Модуль 2						
Тема 9. Модель гравітаційного осідання часток. Модель вологого видалення часток із атмосфери. Моделі хімічних процесів у атмосфері.	3	2		1		
Тема 10. Концептуальна модель міграції радіонуклідів у екосистемах. Модель міграції радіонуклідів у водному середовищі. Модель міграції радіонуклідів у ґрунтах. Моделювання міграції радіонуклідів по харчових ланцюжках.	3	2		1		
Разом за змістовим модулем 3	30	20		10		
Змістовий модуль 4. Введення в математичні моделі популяційної екології						
Тема 1. Моделювання ізольованої популяції. Фазовий простір. Фазовий портрет системи. Рівновага у екологічній системі. Модель ізольованої популяції. Модель популяції, обмеженої зовнішніми ресурсами.	3	2		1		
Тема 2. Моделювання відношення «хижак – жертва». Модель відносин конкуренції «хижак-хижак» та «продуцент-продуцент». Модель популяції, що підлягає промислу. Модель Лотка-Вольтерра.	3	2		1		
Тема 3. Модель відносин конкуренції. Модель системи трьох трофічних рівнів. Критична щільність популяції продуцента. Хвильові процеси в динаміці популяцій	3	2		1		
Разом за змістовим модулем 4	9	6		3		

1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 5. Моделювання і прогнозування глобальних біосферних процесів						
Тема 1. Сучасні моделі кругообігу елементів в системі атмосфера – рослинність – ґрунти –океан. Роль моделювання в глобальних дослідженнях. Система моделей глобальних біогеохімічних циклів у біосфері. Моделі кругообігу елементів в системі атмосфера – рослинність – ґрунти –океан. Принцип Ле-Шательє	3	2		1		
Тема 2. Концепція сталого розвитку. Роль і місце моделювання в процесі вибору та оцінки стратегії сталого розвитку. Моделювання в процесі оцінки стратегій розвитку.	3	2		1		
Тема 3. Сценарії розвитку водокористування, охорони водних ресурсів та прогнозування соціально-екологічних та економіко-екологічних криз. Модель Форрестера.	3	2		1		
Разом за змістовим модулем 5	9	6		3		

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	немає	
2		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	немає	
2		

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
Осінній семестр		
1	Поняття моделі. Ситуаційний прогноз. Експортна модель навантаження на річковий басейн від дифузних джерел забруднення.	2
2	Поняття «ймовірність». Поняття «випадкова величина». Простір елементарних подій. Умовна ймовірність. Формула повної ймовірності. Теореми складання та множиння ймовірностей	2

1	2	3
3	Вибірковий розподіл та його статистичні характеристики	2
4	Метод статистичних гіпотез щодо перевірки точності середніх, дисперсій та законів розподілу	2
5	Коваріація та коефіцієнти кореляції: значимість коефіцієнту кореляції; довірчий інтервал для коефіцієнту кореляції. Коефіцієнт детермінації. Множинна та часткова кореляції.	2
6	Парна лінійна та нелінійна регресія. регресія. Модель множинної лінійної регресії. Модель квантільної регресії. Оцінка якості підгонки регресійної моделі.	2
7	Аналіз часових рядків. Тренд. Випадкова складова.	2
8	Стаціонарні і нестаціонарні часові рядки. Процес Маркова. Модель броунівського руху. Процес Вінера.	2
Весняний семестр		
Модуль 1		
1	Розробка імітаційних моделей процесів евтрофікації, розподілу важких металів, CO ₂ .	2
2	Моделювання процесів динаміки якості поверхневих вод при обробці результатів моніторингу	2
3	Моделювання процесів сорбції й десорбції.	2
4	Моделювання процесів забруднення підземних вод	2
Модуль 2		
5	Моделювання хімічних та гравітаційних процесів у атмосфері.	2
6	Модель міграції радіонуклідів у водному середовищі та ґрунтах	2
7	Моделювання в процесі оцінки стратегій розвитку.	2
8	Прогнозування соціально-екологічних та економіко-екологічних криз. Модель Форрестера.	2

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Змістовий модуль 3. Моделювання і прогнозування наслідків антропогенного впливу на довкілля. Тема 1. Методи скінчених різностей і скінчених елементів при моделюванні гідродинаміки підземних вод. Граничні умови в гідродинамічних моделях підземних вод.	...
2		...
	Разом	

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

11. Методи контролю

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для заліку

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	100

T1, T2 ... T9 – теми змістових модулів.

Приклад для екзамену

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				Змістовий модуль 3					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	100

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

Приклад за виконання курсового проекту (роботи)

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до _____	до _____	до _____	100

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	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	задовільно	не зараховано з можливістю повторного складання
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1.

14. Рекомендована література

Базова

1. 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.
2. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навчальний посібник. - Київ: ІВЦ "Вид-во "Політехніка", ТОВ Фірма "Періодика", 2005.– 152 с.
3. І.М.Ляшенко, А.П.Мукоєд. Моделювання біологічних та екологічних процесів: навчальний посібник. 2001, -450 с.
4. А.С. Гринин, Н.А. Орехов, В.Н. Новиков Математическое моделирование в экологии: учебное пособие для вузов – Москва: ЮНИТИ, 2003. – 269 с.
- 5.

Допоміжна

1.