



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут економіки та менеджменту

Кафедра економічної кібернетики

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з науково-  
педагогічної, методичної та  
виховної роботи

\_\_\_\_\_ О. А. Лагоднюк  
“ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

06-11-47

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
*НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ*  
**«Моделювання і прогнозування  
стану довкілля»**  
**Work Program**  
**Educational Discipline**  
"Modeling and forecasting of the environment"

Спеціальність 101 «Екологія»  
Specialty 101 "Ecology"



Робоча програма навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 101 "Екологія" / Бабич Т. Ю. – Рівне: НУВГП, 2019. – 12 с.

Укладач:

Бабич Т.Ю., старший викладач кафедри економічної кібернетики

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри економічної кібернетики

Протокол від “ ” 201 року №

Завідувач кафедри  
економічної кібернетики

Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

П. М. Грицюк

“ ” 201 року

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 101 «Екологія»

Протокол № \_\_ від “ ” 201 року

Голова науково-методичної комісії

М. О. Клименко

“ ” 201 року

© Бабич Т.Ю. 2019 рік

© НУВГП, 2019 рік



## Вступ

Робоча програма навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» є складовою частиною нормативно-методичного забезпечення навчального процесу за галуззю знань 10 «Природничі науки». Програму складено відповідно до стандарту освіти з підготовки бакалавра за спеціальністю 101 «Екологія».

Вивченню дисципліни передують отримання компетентностей з дисципліни «Інформатика і комп'ютерна техніка», «Вища математика». Знання та навички з «Моделювання і прогнозування стану довкілля» допоможуть у виконанні дипломних робіт і проектів, також для наступної практичної роботи в народному господарстві.

## Анотація

Програма навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» передбачає формування вмінь та навичок побудови математичних моделей задач з області біології, екології та охорони навколишнього середовища та отримання навичок розв'язування задач з області екології та охорони довкілля із застосуванням сучасних математичних методів і сучасного програмного забезпечення.

Викладання навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» забезпечить такі **результати навчання**: застосування теоретичних, методичних і практичних підходів до розв'язування задач різного типу з області екології та охорони довкілля.

**Ключові слова:** математичне моделювання, кореляційно-регресійний аналіз, часовий ряд, методи прогнозування, гра з природою, динаміка екологічних систем.

## Abstract

The program of the discipline «Modeling and forecasting of the environment» involves the formation of skills in the mathematical models construction of tasks in the field of biology, ecology and environmental protection and the acquisition of skills in solving environmental problems using modern mathematical methods and modern software.

Teaching the discipline «Modeling and forecasting the state of the environment» will provide the following **learning outcomes**: the application of theoretical, methodological and practical approaches to solving problems of different types from the field of ecology and environmental protection.

**Keywords:** mathematical modeling, correlation-regression analysis, time series, forecasting methods, game with nature, the dynamics of ecological systems.



## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів: 3,0	Галузь знань 10 «Природничі науки»	Цикл загальної підготовки	
Модулів: 2	Спеціальність 101 Екологія	<i>Рік підготовки:</i>	
Змістових модулів: 2		4	
Загальна кількість годин: 90		<i>Семестр:</i>	
		7	8
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 4 год. СРС – 8 год.	Рівень вищої освіти – Перший (бакалаврський)	<i>Лекції:</i>	
		22	2
		<i>Практичні:</i>	
		-	-
		<i>Лабораторні:</i>	
		24	8
		<i>Самостійна робота:</i>	
		44	80
		<i>Вид контролю:</i> екзамен	

*Примітка:* співвідношення кількості годин аудиторних занять і самостійної роботи становить

для денної форми навчання – 51,1% до 48,9%;

для заочної форми навчання – 11,1% до 88,9%;

## 2. Мета та завдання вивчення дисципліни

**Метою** викладання курсу є надання студентам базових знань щодо побудови та застосування математичних моделей і прогнозування в області біології, екології та охорони навколишнього середовища, отримання навичок розв'язування задач з області екології та охорони довкілля із застосуванням сучасних математичних методів і сучасного програмного забезпечення, для отримання нових знань щодо їх можливих властивостей.

**Завданням** вивчення курсу є теоретична і практична підготовка майбутніх фахівців з питань використання інформаційних комп'ютерних технологій в екології та для прийняття управлінських рішень.



Згідно з вимогами освітньо-професійної програми в результаті вивчення дисципліни студент повинен:

знати:

- основні поняття та загальні принципи моделювання і прогнозування стану довкілля;
- основні математичні методи розв'язування задач з області екології та охорони довкілля;
- алгоритми реалізації математичних методів у сучасних пакетах прикладного програмного забезпечення.

вміти:

- будувати математичні моделі основних задач з області біології, екології та охорони навколишнього середовища;
- аналізувати математичні моделі за допомогою сучасних математичних методів;
- використовувати основні методи короткострокового та довгострокового прогнозування.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Змістовий модуль 1. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

##### **Тема 1. Математичне моделювання екологічних систем**

Екосистема як основна структурна ланка біосфери. Екологічні фактори. Поняття моделі. Класифікація математичних моделей і методів їх дослідження. Циклічний характер математичного моделювання. Системний підхід до побудови матмоделей.

##### **Тема 2. Комп'ютерні методи обробки статистичних даних**

Поняття випадкової величини та її основні характеристики. Закон розподілу та його ідентифікація. Кореляційний зв'язок двох випадкових величин. Елементи кореляційного аналізу. Коефіцієнт кореляції та його властивості. Елементи регресійного аналізу. Принцип найменших квадратів. Лінійна регресія. Верифікація моделі лінійної регресії. Прогнозування. Множинна регресія. Довірчий інтервал та статистична надійність. Кореляційний аналіз множинної регресії. Використання програми Statistica.

##### **Тема 3. Методи аналізу та прогнозування часових рядів**

Часові ряди. Виділення циклічної компоненти часового ряду. Стаціонарні часові ряди. Компонентний аналіз часового ряду. Виділення тренду. Трендостійкі, реверсивні та випадкові часові ряди. Методика прогнозування стану довкілля. Прогнозування методами лінійного тренду, ковзного середнього та



#### **Тема 4. Моделювання динаміки екосистем із застосуванням ланцюгів Маркова**

Випадкові процеси. Марковські процеси. Ланцюги Маркова. Статична (графова) модель погодних станів. Динамічна модель погодних станів. Рівняння Колмогорова-Чепмена. Використання марковських ланцюгів для моделювання і прогнозування імовірності погодних станів. Основні властивості ланцюгів Маркова.

### **Змістовий модуль 2. ДИНАМІЧНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ**

#### **Тема 5. Застосування диференціальних рівнянь для моделювання екологічних процесів.**

Загальні поняття. Постановка задачі Коші. Числове розв'язування задачі Коші для звичайного диференціального рівняння та системи диференціальних рівнянь I порядку методом Ейлера, удосконаленим методом Ейлера та методом Рунге-Кутта. Оцінка похибки числового розв'язку.

#### **Тема 6. Моделювання динаміки популяцій**

Класифікація відносин популяцій. Моделювання розвитку ізольованої популяції. Рівняння Мальтуса та Ферхюльста. Логістична крива. Модель "хижак – жертва". Фазовий простір. Фазова траєкторія. Стаціонарна точка. Моделювання конкуренції двох видів. Моделювання трофічного ланцюга водойми. Дослідження динаміки вмісту гумусу в ґрунті. Моделювання динаміки лісового ландшафту.

#### **Тема 7. Дослідження стійкості екологічних систем**

Описання стану системи у фазовому просторі. Поняття стійкості системи. Стійкість за Ляпуновим. Класифікація точок рівноваги. Дослідження стійкості системи "хижак - жертва".

#### **Тема 8. Математичне моделювання поширення забруднення у водному середовищі та у ґрунті**

Рівняння молекулярної дифузії та його розв'язування методом сіток. Формули скінченних різниць. Математичне моделювання процесу забруднення води. Динаміка розчиненого кисню. Моделювання водного та гідрохімічного режиму ґрунту. Закон Дарсі. Моделювання поширення забруднюючих речовин у ґрунті.



## Тема 9. Математичні методи екологічного картографування

Триангуляція множини точок. Метод обернених зважених відстаней. Визначення координат геометричного центра фігури. Побудова карти рівня ґрунтових вод. Побудова карти врожайності. Математичне моделювання забруднення повітряного басейну. Побудова карти забруднення регіону викидами промислових підприємств.

## Тема 10. Прийняття рішень в умовах невизначеності кліматичних станів

Схема матричної гри з природою. Методика побудови функції виграшу та функції ризиків. Прийняття рішень при різному рівні поінформованості. Критерій Байеса. Критерій мінімальної дисперсії. Максимінний та максимаксний критерії. Критерій Гурвіца. Критерій Бернуллі-Лапласа.

## Тема 11. Моделі глобальної динаміки

Швидкість росту населення Землі. Модель Капіци. Модель Кремера. Модель Малкова. Модель Форрестера.

### 4. Структура навчальної дисципліни

Теми занять	Кількість годин							
	Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
	Усього	лекції	Лаб. заняття	Самостійна робота	Усього	лекції	Лаб. заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1								
Тема 1. Математичне моделювання екологічних систем	7	2	2	3	5	-	-	5
Тема 2. Комп'ютерні технології обробки статистичних даних	14	4	4	6	13	1	2	10
Тема 3. Методи аналізу та прогнозування часових рядів	12	4	4	4	15	1	4	10
Тема 4. Моделювання динаміки екосистем із застосуванням ланцюгів Маркова	7	2	2	3	6	-	-	6
<b>Разом</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>31</b>



### Змістовий модуль 2

Тема 5. Застосування диференціальних рівнянь для моделювання екологічних процесів	8	2	2	4	6	-	-	6
Тема 6. Моделювання динаміки популяцій	10	4	2	4	12	-	2	10
Тема 7. Дослідження стійкості екологічних систем	8	2	2	4	10	-	-	10
Тема 8. Математичне моделювання поширення забруднення у водному середовищі та у ґрунті	6	-	2	4	6	-	-	6
Тема 9. Математичні методи екологічного картографування	8	2	2	4	6	-	-	6
Тема 10. Прийняття рішень в умовах невизначеності кліматичних станів	6	-	2	4	6	-	-	6
Тема 11. Моделі глобальної динаміки	4	-	-	4	5	-	-	5
<b>Разом</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>51</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>49</b>
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>44</b>	<b>90</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>80</b>

### 5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1.	Дослідження залежності динаміки водного балансу від відсотка заліснення території	2	
2.	Побудова та верифікація рівняння парної лінійної регресії		2
3.	Побудова та верифікація рівняння множинної лінійної регресії	2	
4.	Методика кореляційного аналізу множинної лінійної регресії	2	
5.	Побудова аналітичної моделі тренду часового ряду	2	2
6.	Оцінювання якості трендової моделі	2	2
7.	Модульна контрольна робота №1	2	
8.	Розв'язування задачі Коші числовими методами	2	
9.	Модель "хижак – жертва". Побудова фазового портрета моделі	2	2





10.	Дослідження стійкості динамічних систем	2	
11.	Моделювання поширення забруднення у водному середовищі	2	
12.	Побудова картодіаграми забруднення території	2	
13.	Модульна контрольна робота №2	2	
	<b>Всього</b>	<b>24</b>	<b>8</b>

## 6. Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- Підготовка до аудиторних занять – 23 год.
- Підготовка до контрольних заходів – 18 год.
- Опрацювання окремих тем програми або їх частин, які не викладаються на лекціях – 3 год.

### 6.1. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Тема самостійної роботи	Кількість, год	
		Денна	Заочна
1.	Математичне моделювання екологічних систем	3	5
2.	Комп'ютерні технології обробки статистичних даних	6	10
3.	Методи аналізу та прогнозування часових рядів	4	10
4.	Моделювання динаміки екосистем із застосуванням ланцюгів Маркова	3	6
5.	Застосування диференціальних рівнянь для моделювання екологічних процесів	4	6
6.	Моделювання динаміки популяцій	4	10
7.	Дослідження стійкості екологічних систем	4	10
8.	Математичне моделювання поширення забруднення у водному середовищі та у ґрунті	4	6
9.	Математичні методи екологічного картографування	4	6
10.	Прийняття рішень в умовах невизначеності кліматичних станів	4	6
11.	Моделі глобальної динаміки	4	5
	<b>Всього:</b>	<b>44</b>	<b>80</b>



## 7. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» використовується інформаційно-ілюстративний та проблемний методи навчання з застосуванням :

- лекцій у супроводі мультимедійної презентації;
- опорного роздаткового графічного матеріалу;
- індивідуальних навчально-дослідних завдань.

## 8. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- поточне тестування після вивчення кожного змістового модуля;
- оцінка за підготовку та виконання лабораторної роботи;
- оцінка за самостійну роботу;
- з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів.

Для діагностики знань використовується 100-бальна шкала оцінювання.

## 9. Розподіл балів, які отримують студенти

### Шкала оцінювання студентів денної форми навчання

Поточний контроль											Підсумковий контроль	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2						Екзамен	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		
3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3	40	100



## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	для екзамену
90-100	відмінно
82-89	добре
74-81	
64-73	задовільно
60-63	
35-59	незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 10. Методичне забезпечення дисципліни

Методичне забезпечення навчальної дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» включає:

- інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни;
- опорний конспект лекцій на паперовому носії;
- опорний конспект лекцій на електронному носії;
- комплект презентацій;
- методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт;
- методичні рекомендації для виконання індивідуальних завдань, а також:

Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» студентами напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» 06-11-25 / Грицюк П.М. – Рівне: НУВГП, 2014. – 58 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/5351/>

### 11. Рекомендована література

#### Базова

1. Бараннік В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 101 – Екологія.) / В. О. Бараннік ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 46 с.
2. Ковальчук П. І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища. – Київ : Либідь, 2003. – 208 с.



3. Лаврик В. І., Боголюбов В. М., Полетаєва Л. М., Юрасов С. М., Ільїна В. Г. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник / За ред. В. І. Лаврика. – Київ : ВЦ «Академія», 2010. – 400 с.

### Допоміжна

1. Адамень Ф.Ф., Вергунов В.А., Вергунова И.Н. Основы математического моделирования агробиопроцессов. – Київ : Нора-принт, 2005. – 372 с.
2. Біляєв М. М. Моделювання і прогнозування стану довкілля : підручник для студентів вищих навчальних закладів / М. М. Біляєв, В. В. Біляєва, П. С. Кіріченко; Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна МОН України. – Кривий Ріг : Вид. Р. А. Козлов, 2016. – 207 с.
3. Богобоящий В. В., Курбанов К. Р., Палій П. Б., Шмандій В. М. Принципи моделювання та прогнозування в екології. – Київ : Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
4. Гринин А.С., Орехов Н.А., Новиков В.Н. Математическое моделирование в экологии. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 269 с.
5. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – Москва : Наука, 1986. – 496 с.

### 12. Інформаційні ресурси

До складу інформаційних ресурсів навчальної дисципліни входять:

1. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія» за першим рівнем вищої освіти.
2. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського URL / <http://www.nbuv.gov.ua/>
3. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.libr.rv.ua/>
4. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / URL : <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka>
5. Електронний ресурс розміщення в цифровому репозиторії / URL : <http://www.ep3.nuwm.edu.ua/>