

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
по організації самостійної роботи студентів  
при вивченні навчальної дисципліни  
**“МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ”**

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр  
Спеціальність: 8.05010105 «Комп'ютерний еколого-  
економічний моніторинг»

Одеса 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
по організації самостійної роботи студентів  
при вивченні навчальної дисципліни  
**“МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ”**

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр  
Спеціальність: 8.05010105 «Комп’ютерний еколого-  
економічний моніторинг»

Узгоджено на факультеті магістерської  
та аспірантської підготовки  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2014 р.

Одеса 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
по організації самостійної роботи студентів  
при вивченні навчальної дисципліни  
**“МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ”**

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр  
Спеціальність: 8.05010105 «Комп’ютерний еколого-  
економічний моніторинг»

«Узгоджено»

Декан магістерської та аспірантської  
підготовки

\_\_\_\_\_ Боровська Г.О.

«Затверджено»

на засіданні кафедри прикладної екології  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2014 р.  
Зав. кафедрою

Т.А. Сафранов \_\_\_\_\_

Одеса 2014

Методичні вказівки по організації самостійної роботи студентів при вивченні навчальної дисципліни “Моделювання екологічних процесів” для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня магістр, спеціальності: 8.05010105 «Комп’ютерний еколого-економічний моніторинг». / Юрасов С.М. – Одеса: ОДЕКУ, 2014. – с.

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Курс “Моделювання екологічних процесів” належить до професійно-орієнтованого циклу дисциплін.

Метою вивчення курсу “Моделювання екологічних процесів” є формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок у галузі математичного моделювання реальних процесів розповсюдження шкідливих домішок у довкіллі, складання прогнозів забруднення довкілля та застосування їх для регулювання техногенних викидів підприємств до навколишнього середовища. Отримані 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.

Завдання курсу - вивчення механізму забруднення навколишнього середовища, перетворення забруднюючих речовин; засвоєння узагальнених моделей якості атмосферного повітря, води, ґрунтового покриву та рослинного середовища; засвоєння методик прогнозів забруднення довкілля.

Вивчення курсу “Моделювання екологічних процесів” базується на знаннях, отриманих з таких фундаментальних навчальних дисциплін, як “Вища математика”, “Фізика” та “Алгоритмізація та програмування”.

Головною формою організації вивчення дисципліни “Моделювання екологічних процесів” є самостійна робота над програмою курсу, лекції та практичні заняття. Основною формою контролю засвоєння знань є модульний контроль знань студентів та контрольних робіт, а також модулі з практичних розрахункових робіт.

Після освоєння цієї дисципліни студенти повинні *знати*:

*а) нормативну* (базову) частину дисципліни: основні терміни і поняття, що використовуються в межах означеної дисципліни; основні принципи, підходи та методи оцінки і прогнозу стану довкілля; головні фактори середовища, що впливають на забруднення довкілля; основні математичні моделі розрахунку розповсюдження шкідливих домішок; типи прогнозів забруднення повітря, ґрунтів та поверхневих вод;

*б) варіативну* частину дисципліни: чисельні і статистичні моделі розрахунку розповсюдження шкідливих домішок; узагальненні показники забруднення середовища; усі фактори та умови, які формують концентрацію забруднювальної речовини у геофізичному середовищі;

Студенти повинні *вміти*: обрати необхідну модель і виконати розрахунки показників забруднення; обрати початкові і граничні умови вирішення математичних моделей; визначити фактори впливу на стан забруднення середовища; скласти прогнози забруднення повітря, ґрунтів та рослинного покриву, поверхневих вод, застосувавши їх для регулювання промислових викидів підприємств в довкілля; оцінити

адекватність і ефективність прогностичних схем.

Отримані знання будуть використовуватись майбутніми магістрами на практиці при рішенні питань з охорони довкілля.

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна література**

1. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник / В.І.Лаврик, В.М.Боголюбов, Л.М.Полетаєва та ін. – К.: ВЦ «Академія», – 2010. – 400 с.
2. Юрасов С.М. Конспект лекцій з дисципліни “Моделювання екологічних процесів” для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня магістр, спеціальності: 8.05010105 «Комп’ютерний еколого-економічний моніторинг». – Одеса: ОДЕКУ, 2014. – 45 с.
3. Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану довкілля» для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища». - Одеса: ОДЕКУ, 2003. – 150 с.
4. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни “Моделювання екологічних процесів” / Укл. С.М. Юрасов - Одеса: ОДЕКУ, 2014. – 38 с.
5. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів 3 курсу денної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища»./Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г., Чернякова О.І., Грабко Н.В., Фролова Н.М., - Одеса: ОДЕКУ, 2006. – 140 с.
6. Збірник методичних вказівок до самостійної роботи студентів заочної форми навчання з дисциплін кафедри прикладної екології (рівень підготовки – бакалавр; напрям підготовки – 0708 “Екологія”)/ Т.А.Сафранов, Ю.М.Соколов, А.Л.Цикало, Л.М.Полетаєва, Т.П.Шаніна, С.М.Юрасов, А.В.Чугай, Н.В.Грабко, В.А.Кузьміна. – Одеса: Вид-во “Екологія”, 2005. – 138 с.

#### **Додаткова література**

1. Владимиров А.М, Ляхин Ю.И. и др. Охрана окружающей среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 423 с.
2. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие / Под ред. Э.Ю. Безуглой, М.Е. Берлянда. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 280 с.
3. Методические указания по прогнозированию загрязнения воздуха в городах. / Под ред. М.Е. Берлянда.- Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 38 с.

4. Методические указания по прогнозированию загрязнения воздуха в городах с учетом метеорологических условий. РД 52.04.78-85 - М., 1986.
5. Методические указания: Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях. РД 52.04.52-85. - Л.: Гидрометеиздат, 1987.
6. Семенченко Б.А., Белов П.Н. Метеорологические аспекты охраны природной среды. - М.: Изд-во МГУ, 1985. - 95 с.
7. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. - Київ: Фітосоціоцентр, 1998. - 132 с.
8. Кириленко В.П., Сидорченко В.Ф. Мореплавание и предотвращение загрязнения Мирового океана (международно-правовые аспекты).- М.: Транспорт, 1985. - 176 с.
9. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля качества воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета СССР в рамках ОГСНК. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
10. Речная гидравлика. Курс общей и специальной гидравлики для гидрологов. Караушев А.В. - Л.: Гидрометеиздат, 1969. - 416 с.
11. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. - М.: Наука, 1985. - 60 с.
12. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 223 с.
13. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование. /Под ред. Р.М. Алексахина. - М.: Энергоиздат, 1981. - 98 с.
14. Прохоров В. М. Математическая модель поглощения элементов растениями из почвы. / Агротехника. - 1970, № 7. - с. 126 - 135.

## Перелік тем лекційного курсу

### Модуль 1 - Загальні уявлення про математичне моделювання

Тема 1.1 Поняття математичної моделі та математичного моделювання

- 1.1.1 Поняття математичних моделей і їх роль у науці.
- 1.1.2 Математичне моделювання і його етапи.
- 1.1.3 Моделювання і прогноз.

Тема 1.2 Точність обчислювальних експериментів

- 1.2.1 Наближені числа і форми їх подання.
- 1.2.2 Абсолютна та відносна похибки, гранична похибка.
- 1.2.3 Правила оцінювання похибок при обчислюваннях.

Тема 3. Елементарні функції і їх застосування в екології

- 1.3.1 Лінійна, пряма та обернена залежності.
- 1.3.2 Степенева, показникові і логарифмічна функції.
- 1.3.3 Побудова емпіричних формул.
- 1.3.4 Метод найменших квадратів для лінійних і нелінійних процесів.

Тема 1.4 Диференціальні рівняння при моделюванні екологічних процесів

- 1.4.1 Приклади застосування похідної при моделюванні різних процесів.
- 1.4.2 Знаходження невідомих параметрів.
- 1.4.3 Загальні принципи моделювання екологічних систем за допомогою диференціальних рівнянь.

Модуль 2 - Моделювання забруднення поверхневих вод, атмосферного повітря, ґрунтового і рослинного покриву

Тема 2.1 Моделювання перенесення забруднювальних речовин (енергії, організмів) у потоках (водному, повітряному)

2.1.1 Режимні функції висоти хвиль і швидкості вітру. Процеси перенесення забруднювальних речовин у потоці. Консервативні та неконсервативні речовини, урахування неконсервативності при моделюванні

2.1.2 Виведення рівнянь сталої та несталої турбулентної дифузії речовини у потоці. Рішення рівнянь турбулентної дифузії методом кінцевих різниць (явна та неявна схеми). Математичні моделі перенесення забруднювальних речовин у водному середовищі.

Тема 2.2 Моделювання забруднення ґрунтового та рослинного покриву

2.2.1 Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин.

2.2.2 Моделювання процесу поглинання важких металів ґрунтом і рослинами.

2.2.3 Моделювання міграції радіонуклідів у системі «ґрунт - рослина».

Тема 2.3 Імітаційне моделювання на прикладі методу Монте-Карло

2.3.1 Сутність методу, випадкові числа з рівномірним розподіленням.

2.3.2 Перетворення випадкових чисел.

2.3.3 Простіша модель.

### Перелік тем і зміст практичних занять

#### Модуль 1

Тема 1.1 Прогноз висоти хвиль малої забезпеченості

Рекомендована література [2, 3, 4].

Тема 1.2 Розрахунок розводження стічних вод у потоці (плоска задача; стала дифузія, явна схема)

Рекомендована література [2, 3, 4].

#### Модуль 2

Тема 2.1 Розрахунок розводження стічних вод у потоці (плоска задача; нестала дифузія, явна схема)

Рекомендована література [2, 3, 4].

Тема 2.2 Розрахунок розводження стічних вод у потоці (плоска задача; стала і нестала дифузія, неявна схема)

Рекомендована література [4].

## 2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ПО ВИВЧЕННЮ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ

При вивченні теми 1.1 “Поняття математичної моделі та математичного моделювання” студенти повинні знати матеріал конспекту лекцій [2, розділ 1]. Особливу увагу варто звернути на предмет вивчення даного курсу та на етапи математичного моделювання.

### Питання для самоконтролю при вивченні теоретичного матеріалу за темою 1.1

1. Що таке математична модель?
2. У чому полягає математичне моделювання та яка його мета?
3. Назвіть етапи математичного моделювання?

При вивченні теми 1.2 “Точність обчислювальних експериментів” студенти повинні розібрати відповідний розділ конспекту лекцій [2, розділ 2], звернути увагу на наближені числа та форми їх подачі, на абсолютну та відносну похибки, на поняття граничної похибки, на правила оцінювання похибок, на стійкість, коректність та збіжність обчислювальних експериментів.

### Питання для самоконтролю при вивченні теоретичного матеріалу за темою 1.2

1. Що таке наближені числа і як оцінюється їх точність?
2. Які існують форми подачі наближених чисел?
3. Що таке абсолютна та відносна похибки і як вони визначаються?
4. Що таке гранична похибка?
5. Назвіть п'ять правил оцінки похибок при операціях з наближеними числами.

При вивченні теми 1.3 “Елементарні функції і їх застосування в екології” студенти повинні розібрати відповідний розділ конспекту [2, розділ 2], звернути увагу на підбір емпіричних формул та на визначення їх параметрів, на статистичну обробку даних, на рівняння регресії, на побудову режимних функцій вітру та хвилювання, на прогнозування деяких гідрологічних параметрів.

### Питання для самоконтролю при вивченні теоретичного матеріалу за темою 1.3

1. У чому полягає підбір емпіричних формул?

2. Як визначаються параметри емпіричних залежностей?
3. Які основні характеристики рядів розраховують при статистичній обробці емпіричних даних?
4. Як виробляється розрахунок параметрів рівняння регресії?
5. Що таке коефіцієнт кореляції? Чому він дорівнює при наявності прямолінійної залежності?
6. У чому полягає сутність методу найменших квадратів?
7. Як виробляється побудова режимної функції вітру?
8. Що характеризують режимна та системна забезпеченість хвилювання?
9. Як виробляється вирівнювання параболічної, гіперболічної та показникової залежностей?

При вивченні теми 2.1 “Моделювання перенесення забруднювальних речовин (енергії, організмів) у потоках (водному, повітряному)” студенти повинні вивчити матеріали конспекту лекцій [1, розділ 2]. Особливу увагу треба звернути на процеси переносу забруднювачів у водному середовищі (адвекцію, турбулентність, дифузію, осідання), на урахування неконсервативності речовини, на виведення рівнянь турбулентної дифузії (встановлена і невстановлена, плоска і просторова задачі), на рішення рівнянь турбулентної дифузії методом кінцевих елементів, на послідовність розрахунків розповсюдження речовини у водному середовищі, на запис математичних моделей переносу речовини у водному середовищі при різноманітних умовах. Додаткові матеріали для вивчення теми 3 містяться в [2, с. 12 - 13, 61 - 65, 68 - 69, 73 - 79, 85 - 102, 113 - 120; 21, с. 86 - 91, 93 - 95, 107 - 110, 277 - 300].

Питання для самоконтролю при вивченні теоретичного матеріалу за темою 2.1

1. Які процеси впливають на якість водного середовища?
2. Що таке адвекція речовини у потоці?
3. Що таке турбулентна дифузія речовини у потоці?
4. Дати визначення адсорбції і десорбції речовини.
5. Дати визначення біохімічним процесам трансформації речовини у водному середовищі.
6. Що таке вторинне забруднення водного середовища?
7. У чому полягає сутність виводу диференціальних рівнянь локальним та об'єктним способами?
8. Навести формули поодинокі витрати речовини при адвекції, турбулентної дифузії та осадженні.
9. Навести розрахункову формулу турбулентної дифузії речовини за наявністю бокових притоків.
10. Навести розрахункову формулу турбулентної дифузії речовини у

- потоці (просторова задача).
11. Навести розрахункову формулу турбулентної дифузії речовини у полярних координатах.
  12. Записати модель переносу речовини у потоці (плоска задача) і наведіть послідовність розрахунку.
  13. Як урахується не консервативність речовини у водному середовищі?

При вивченні теми 2.2 “Моделювання основних процесів життєдіяльності рослин” студенти повинні знати матеріал з конспекту лекцій та [10, с. 24 - 49]. Деякі додаткові уявлення про основні процеси життєдіяльності рослин містяться в навчальному посібнику [25, с. 10 - 64]. Особливу увагу треба звернути на визначення ролі екологічних факторів (тепло, волога, сонячна радіація) на формування кількісних характеристик врожаїв та їх екологічної чистоти.

Питання для самоконтролю при вивченні теоретичного матеріалу за темою 2.2

1. Що таке фотосинтетично – активна радіація?
2. Що таке фотосинтез та дихання з точки зору формування екологічно чистих врожаїв сільськогосподарських культур?
3. Як розраховується інтенсивність фотосинтетично - активної радіації?
4. Як розраховується інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах навколишнього середовища?
5. За якими функціями розраховується вплив екологічних факторів на процес фотосинтезу та дихання рослин?
6. Як розраховується процес формування рослинної маси?

При вивченні теми 2.3 “Імітаційне моделювання” (метод Монте-Карло) студенти повинні знати матеріал конспекту лекцій [1, розділ 2]. Особливу увагу треба звернути на сутність методу Монте-Карло, на отримання випадкових чисел з рівномірним розподіленням, на отримання випадкових чисел з необхідним законом розподілення, на простіші моделі [22].

Питання для самоконтролю при вивченні теоретичного матеріалу за темою 2.3

1. У чому полягає сутність методу Монте-Карло?
2. Які випадкові числа необхідні для імітаційного моделювання?
3. Які існують методи задля отримання випадкових чисел?
4. У чому полягає сутність методу зворотних функцій?
5. Як можна отримати довільне розподілення?

### 3 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

Головною формою організації вивчення дисципліни “Моделювання та прогнозування стану довкілля” є програмні лекції, практичні заняття та самостійна робота над програмою курсу.

**Кваліфікаційні вимоги** до студентів, які вивчають курс “Моделювання екологічних процесів” – володіти знаннями, уміннями і навичками з основних модулів.

Контроль самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни містить такі основні форми:

- письмовий контроль знань під час занять;
- тестовий контроль;
- захист матеріалів практичних занять;
- письмова домашня робота;
- індивідуальні співбесіди.

Увесь програмний курс лекцій і практичних занять розбито на 4 окремих логічно пов'язаних модулів: теоретичний курс на 2 модуля та практичний курс також на 2 модуля. Модулі з теоретичної частини включають по декілька тем, які пов'язані між собою. Модулі з практичної частини сформовані як окремі теми практичних робіт.

В цілому на дисципліну відведено 100 балів: 50 балів на теоретичну частину курсу і 50 балів на практичну частину.

Основною формою контролю засвоєння знань теоретичного курсу є тестовий контроль та контрольні роботи, які дозволяють визначити рейтинг студента. Контрольні та тестові роботи складаються з питань самоконтролю при вивченні теоретичного матеріалу з усіх тем, що входять до відповідного модулю.

По лекційній частині дисципліни виконується 1 контрольна робота. По практичній частині дисципліни виконується письмові домашні роботи.

Інтегральна оцінка засвоєння студентом знань та вмінь з навчальної дисципліни складається з оцінок, одержаних по різних модулях. При цьому в інтегральну (підсумкову) оцінку входять оцінки по кожному виду занять і по кожному модулю із своєю вагою, яка відображає: значимість даного модулю з точки зору засвоєння студентами базових знань і умінь; ритмічність роботи студента, тобто виконання студентом контрольних заходів даного модуля в термін, який встановлено навчальним планом дисципліни.

При підсумковій атестації використовується шкала відповідності оцінок 4-х бальної системи (табл.). Оцінки виставляються в інтегральній відомості.

Шкала відповідності інтегральних оцінок в сумарній атестації по дисципліні у вигляді екзамену по 4-бальній системі оцінювання

Інтегральна сума балів по дисципліні	Оцінка
< 60% від максимальної суми балів	незадовільно
60-74,9 % від максимальної суми балів	задовільно
75-89,9% від максимальної суми балів	добре
≥ 90% від максимальної суми балів	відмінно

Студенти, які отримали по практичним заняттям менш 25 балів не допускаються до інтегрованого контролю з дисципліні і не атестуються до погашення навчальної заборгованості з вказаних видів занять.

Методичні вказівки по організації самостійної  
роботи студентів при вивченні навчальної дисципліни  
**“МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ”**

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр  
Спеціальність: 8.05010105 «Комп’ютерний еколого-  
економічний моніторинг»

Укладач: к.т.н., доц. Юрасов С.М.