

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійної роботи студентів
по вивченню дисципліни

«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ»

Спеціальність 101 «Екологія»
Освітня програма «Гідроекологія»
Рівень вищої освіти – магістр

Затверджено
каф. гідроекології та
водних досліджень
протокол № 9
від «12» квітня 2018 р.
Зав. кафедрою _____ Лобода Н.С.

Узгоджено
на факультеті магістерської
та аспірантської підготовки
від «__» _____ 2018 р.
Декан _____ Боровська Г.О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійної роботи студентів
по вивченню дисципліни

«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійної роботи студентів
по вивченню дисципліни

«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ»

Спеціальність 101 «Екологія»
Освітня програма «Гідроекологія»
Рівень вищої освіти – магістр

Узгоджено
на факультеті магістерської
та аспірантської підготовки
від «__» _____2018 р.

Методичні вказівки для самостійної роботи по вивченню дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» для магістрів I курсу денної форми навчання за спеціальністю 101 «Екологія», освітня програма «Гідроекологія». / Лобода Н.С., Отченаш Н.Д./ – Одеса, ОДЕКУ, 2018. – 16 с.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА..... | 6 |
| 1.1 Передмова..... | 6 |
| 1.2 Зміст дисципліни..... | 7 |
| 1.3 Перелік навчальної та методичної літератури..... | 7 |
| 1.4 Перелік знань та вмінь..... | 9 |
| 1.5 Організація навчального процесу..... | 9 |
| 2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА..... | 10 |
| 2.1 Повчання та поради по вивченню теоретичного матеріалу..... | 10 |
| 2.2 Повчання по вивченню першої теми «Методи аналізу і моделювання екосистем. Основи стохастичного та нейромережевого моделювання»..... | 10 |
| 2.3 Повчання по вивченню другої теми «Моделювання потоків хімічних речовин в річках і лиманах. Моделі міських і сільськогосподарських стоків»..... | 11 |
| 3 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ..... | 12 |
| 3.1 Індивідуальне завдання..... | 15 |

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Передмова

Методичні вказівки складені відповідно до робочої навчальної програми дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління». Їх призначення – допомогти студентам цілеспрямовано вивчити основні розділи дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління», вибрати з літератури саме ті положення, що передбачаються робочою програмою. Методичні вказівки повинні полегшити роботу студентів при самостійному вивченні дисципліни. Методичні вказівки конкретизують питання, представлені в робочій програмі, що підлягають обов'язковому засвоєнню студентами.

Метою викладання дисципліни є надання студентам необхідних знань в галузі математичного моделювання гідроекологічних систем. Головне завдання дисципліни - ознайомлення студентів з використанням математичного моделювання для розрахунків якості природних вод, розробки заходів для їх захисту і охорони вод від забруднення, створення на водоймах сприятливих умов для біологічної продуктивності та господарської діяльності.

Дисципліна «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» спонукає студента оволодіти методами аналізу і моделювання екосистем; основами стохастичного та нейромережевого моделювання; моделюванням потоків хімічних речовин в річках і лиманах; моделями міських і сільськогосподарських стоків.

Завдання дисципліни полягає у вивченні гідроекологічних систем та їх структури; побудови математичних моделей змиву хімічних речовин з річкових басейнів; вивченні моделей біологічної продуктивності прісноводних екосистем, методів оптимального програмування якості води гідроекологічних систем; основ стохастичного та нейромережевого моделювань; вивченні моделей “чорного ящика”

Дисципліна «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» має практичну спрямованість і є необхідною для здійснення ефективного управління, контролю стану використання та охорони водних об'єктів.

1.2 Зміст дисципліни

Тема 1. Методи аналізу і моделювання екосистем. Основи стохастичного та нейромережевого моделювання

Методи системного аналізу. Класифікація гідроекологічних моделей. Основні етапи системного аналізу. Ціль побудови математичних моделей. Класифікація гідроекологічних моделей. Моделювання об'єктів природного середовища. Обробка інформації і прийоми математичного моделювання в гідроекології. Рівні складності математичних моделей. Об'єкти і види моделювання гідроекологічних систем. Постановка завдання при моделюванні гідро екологічних систем. Формулювання цілей моделювання та ділення системи на окремі компоненти за ознакою відносної однорідності. Визначення достатності і недостатності вхідної інформації. Визначення вхідних, розрахункових параметрів і параметрів, що управляють змінними системи та формування переліку можливих варіантів рішення. Структурне розбиття і моделювання системи. Моделювання, аналіз та прогноз умов функціонування системи. Стохастичне моделювання. Підхід Монте-Карло. Огляд стохастичних моделей. Модель лінійного фільтру. Моделі авторегресії. Модель ковзного середнього. Стохастичні моделі, засновані на простому ланцюзі Маркова. Модель динаміки зміни водних ресурсів в умовах антропогенної діяльності. Штучні нейронні мережі. Основні положення теорії нейронних мереж. Проблеми, що вирішуються в контексті нейронних мереж. Навчання нейронної мережі. Мережі, які застосовують статистичний підхід.

Тема 2. Моделювання потоків хімічних речовин в річках і лиманах. Моделі міських і сільськогосподарських стоків

Математичні детерміністичні моделі. Загальна база моделей перенесення речовин. Стаціонарні моделі однокомпонентної речовини. Аналітичне вирішення спрощеної стаціонарної моделі. Розв'язання рівнянь за допомогою кінцево-різницевого методів. Динамічні моделі. Моделі багатокомпонентної річкової системи. Моделювання міських і сільськогосподарських стоків. Моделі міських стоків. Моделі сільськогосподарських стоків

1.3 Перелік навчальної та методичної літератури

Основною навчально-методичною літературою при вивченні дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» є наступна:

1. Н.С. Лобода, Н.Д. Отченаш Математичне моделювання гідро екологічних систем та методи управління: конспект лекцій (Електронне видання), Одеса, 2017 р.
2. Л.М. Горєв. Основи моделювання в гідроекології: Підручник, ДО.: Либідь, 1996. - 336с.
3. Іваненко О.Г. Математичне моделювання гідроекологічних систем: Навчальний посібник. – Одеса, Вид-во «Екологія» , 2006. – 141 с.
4. Белов В.В. Збірник до практичних робіт з дисципліни “Математичне моделювання гідроекологічних систем”, Одеса, ОДЕКУ, 2006 р. – 21с.
5. <http://library-odeky.16mb.com>.

Додатковою навчально-методичною літературою при вивченні дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» є наступна:

6. Глушков А.В., Лобода А.В., Свиначенко А.А. Теория нейронных сетей на основе фотонного эха. – Одесса. – ТЭС. –2004. – 172 с.
7. Каллан Роберт Основные концепции нейронных сетей. М.: Вильямс, 2003. – 288 с.
8. Лаврик В.И., Никифорович Н.А. Математическое моделирование в гидроэкологических исследованиях. К.: Фитосоцицентр, 1998. 288 с.
9. Лобода Н.С., Гопченко Є.Д. Стохастичні моделі у гідрологічних розрахунках. Навчальний посібник. – Одеса «Екологія», 2006. 197 С.
10. Моделювання і прогнозування стану довкілля / Під ред. В.І. Лаврика. – Київ. Академія, 2010. – 400 с.
11. Сердюцкая, Л. Ф. Системный анализ и математическое моделирование экологических процессов в водных экосистемах. [Текст] / Л. Ф. Сердюцкая. – М. : книж. дом "Либроком", 2009. – 144с.
12. Страшкраба М., Гнаука А. Пресноводные экосистемы. Математическое моделирование. –«Мир», 1989.-373 с.
13. Флейшман Б.С. Об имитационном и оптимизационном моделировании экосистем. –В сб.: Биофизические и математические методы исследования геосистем.- М.: Институт географии АН СССР 1978, с.51-60.
14. Loboda N.S. Neural Network and multi-fractal modeling of non-linear complex system. // Науковий вісник Ужгородського університету. – Ужгород. – 2002. – Вип.. 10. – 119-121 с.

15.Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод". Підручник.-К:Ніка – Центр, 2001.-264с.

1.4 Перелік знань та вмінь

В результаті вивчення дисципліни магістри повинні знати:

- принципи вивчення гідроекологічних систем та їх структури;
- принципи побудови математичних моделей змиву хімічних речовин з річкових басейнів;
- моделей біологічної продуктивності прісноводних екосистем;
- методи оптимального програмування якості води гідроекологічних систем;
- основи стохастичного моделювання;
- основи нейромережевого моделювання;
- моделі “чорного ящика”

Після вивчення дисципліни магістри повинні вміти:

- оцінювати головні показники гідрологічного режиму водного об'єкту для використання їх в моделюванні гідроекологічних систем;
- оцінювати гідрохімічні та гідробіологічні показники для формування бази вихідних даних гідроекологічних моделей;
- вибирати цільові функції для реалізації моделей оптимального програмування;
- оцінювати результати розрахунків якості води та біологічної продукції за гідроекологічними моделями;
- генерувати ряди спостережень на основі стохастичної моделі;
- використовувати функції відгуку для оптимізації роботи водної екосистеми;
- виконувати імітаційне нейромережеве моделювання з використанням сучасного комп'ютерного забезпечення та її використовувати для рішення задач оптимізації управління водними екосистемами.

1.5 Організація навчального процесу

Відповідно до робочого навчального плану на вивчення дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» для магістрів за спеціальністю 101 «Екологія» відводиться 7 кредитів.

Самостійна робота передбачає:

- 1) вивчення певних тем лекційного модуля;
- 2) підготовку до модульної контрольної роботи та іспиту;

3) підготовку до усного опитування під час практичних занять.

Контроль самостійної роботи студента здійснюється шляхом перевірки рукописного конспекту по теоретичному матеріалу, опитувань на лекційних і практичних заняттях, а також за результатами написання модульної контрольної роботи, захисту практичних робіт та складання іспиту.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

2.1 Повчання та поради по вивченню теоретичного матеріалу

При вивченні теоретичної частини з дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» необхідно самостійно, за допомогою навчальної та методичної літератури [1 – 15] (див. п. 1.3) і пояснень в цих методичних вказівках, вивчити та законспектувати теоретичний матеріал відповідно до розділів тем, наведених вище (див. п. 1.2).

У наступних пунктах цих методичних вказівок по кожній з тем вказані посилання на навчальну та методичну літературу, де знаходиться теоретичний матеріал по всім питанням, що відведені на вивчення студентом (див. пп. 2.2 – 2.3).

Після вивчення теоретичного матеріалу та складання рукописного конспекту першої теми, перевірте, як Ви засвоїли її зміст. Для цього спробуйте відповісти на всі “Запитання для самоперевірки...”, що наведені нижче для кожної з тем (див. пп. 2.2 – 2.3).

2.2 Повчання по вивченню першої теми «Методи аналізу і моделювання екосистем. Основи стохастичного та нейромережевого моделювання»

При вивченні першої теми необхідно використовувати навчальну та методичну літературу, посилання на яку наведені нижче (у квадратних дужках вказано номер з переліку літератури в п. 1.3, а через кому вказані сторінки, на яких знаходиться потрібний теоретичний матеріал):

- [1], стор. 7-49;
- [3], стор. 15-32;
- [7], стор. 3-27;
- [9], стор. 115-146;
- [11], стор. 57-83;
- [14], стор. 119-121.

Для самостійної перевірки засвоєння змісту першої теми та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

Запитання для самоперевірки засвоєння змісту першої теми:

1. Поняття про систему. Основні задачі системного аналізу
2. Основні етапи системного аналізу.
3. Мета побудови математичних моделей водних екосистем.
4. Класифікація гідроекологічних моделей?
5. Які рівні складності математичних моделей?
6. Які об'єкти та види моделювання гідро екологічних систем?
7. Що розуміється під підходом Монте-Карло?
8. Які стохастичні моделі вам відомі?
9. Що таке простий ланцюг Маркова?
10. Основні положення теорії нейронних мереж?
11. Які задачі можуть вирішуватися з використанням нейронних мереж?
12. Принцип навчання нейронної мережі?

2.3 Повчання по вивченню другої теми «Моделювання потоків хімічних речовин в річках і лиманах. Моделі міських і сільськогосподарських стоків»

При вивченні другої теми необхідно використовувати навчальну та методичну літературу, посилання на яку наведені нижче:

- [1], стор. 50-70;
- [2], стор. 201-273;
- [3], стор. 31-86;
- [4], стор. 3-20;
- [8], стор. 97-163;
- [10], стор. 24-73;
- [11], стор. 104-137;
- [13], стор. 51-60/

Для самостійної перевірки засвоєння змісту другої теми та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

Запитання для самоперевірки засвоєння змісту другої теми:

1. Загальна математична база перенесення речовин водою.
2. Стаціонарна модель однокомпонентної речовини.
3. Аналітичне вирішення спрощеної стаціонарної моделі.
4. Рішення рівнянь стаціонарної моделі кінцево-різницеvim методом.
5. Моделювання потоків хімічних речовин динамічними рівняннями.
6. Моделі багатокомпонентної річної системи.

7. Особливості формування стоків при неточкових джерелах забруднення.
8. Емпіричні моделі концентрації зважених і розчинених речовин.
9. Аналіз схематичної моделі міського стоку.
10. Модель накопичення осадового матеріалу і забруднень в містах.
11. Щодобова модель виносу речовин стоком з міського водозбору.
12. Моделі виносу води і наносів з поверхні оброблених ґрунтів.
13. Моделі витрат джерел забруднювачів з сільськогосподарських земель.
14. Види джерел забруднення поверхні річкових водозборів.
15. Характер розподілу джерел забруднень по поверхні річкових водозборів.
16. Модель винесення наносів з поверхні схилів водозбору.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

Контроль поточних знань виконується на базі кредитно-модульної системи організації навчання. Дисципліна «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» містить 2 змістовних модуля з теоретичної частини і 2 змістовних модуля з практичної частини.

Мінімальний обсяг базових знань, що необхідний для засвоєння **ЗМ-Л1** дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління»:

- поняття про систему;
- основні етапи математичного моделювання;
- імітаційне моделювання;
- випробування моделі; критерії якості.
- схематична модель міського стоку;
- основні властивості стратифікованих водойм;
- види забруднення поверхні річкових водозборів;
- методи оптимізації параметрів.

Мінімальний обсяг базових вмінь, що необхідний для засвоєння **ЗМ-П1** дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління»:

- знати від чого залежить рівноважна концентрація кисню у воді;
- знати від чого залежить швидкість розчинення атмосферного кисню у воді;
- знати умови від яких залежить швидкість розкладання органічних речовин у воді.

Мінімальний обсяг базових вмінь, що необхідний для засвоєння **ЗМ-П2** дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління»:

- фізичний зміст кривої сукцесії;

- розходження між абсолютною і відносною квотою;
- коливання чисельності популяцій хижака і жертви.

Для студентів *денної форми* навчання:

1) До заходів поточного модульного контролю виконання самостійної роботи студентів з **теоретичної частини** дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» належить:

- усне опитування (УО) під час лекційних занять оцінюється у **5 балів**;
- конспект по темах дисципліни, які винесено на СРС (КТ), оцінюється у **5 балів**;
- модульна тестова контрольна робота (КР 1) оцінюється у **50 балів**;
- модульна тестова контрольна робота (КР 2) оцінюється у **50 балів**

Модульна тестова контрольна робота (КР) з теоретичного модулю складається з 20 тестових завдань та вважаються зарахованими, якщо надано як мінімум 12 правильних відповідей та оцінюються відповідно:

- 12 правильних відповідей – 30 балів;
- 14 правильних відповідей – 35 балів;
- 16 правильних відповідей – 40 балів;
- 18 правильні відповіді – 45 балів;
- 20 правильних відповідей – 50 балів.

Максимальна сума балів за **лекційний модуль** становить **100 балів**.

Максимальна сума балів з **теоретичної частини** становить **110 балів**.

2) До заходів поточного модульного контролю виконання самостійної роботи студентів з **практичної частини** дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» належить:

- усне опитування (УО) під час першого практичного заняття оцінюється у **20 балів**;
- усне опитування (УО) під час другого практичного заняття оцінюється у **30 балів**;

Максимальна сума балів з **практичної частини** становить **50 балів**.

Загальна сума балів, яку отримують студенти за всіма змістовними модулями дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем», становить **160 балів** (теоретична частина -**110 балів**, практична частина – **50 балів**), вона формує інтегральну оцінку поточного контролю студентів з цієї навчальної дисципліни.

Умови допуску до семестрового екзамену. Для *денної форми навчання* питання про допуск до семестрового іспиту за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів», а

са́ме, студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю з конкретної навчальної дисципліни, якщо він виконав всі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни для іспиту, в тому числі захистів курсовий проект.

Для денної форми навчання студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості по дисципліні, що завершується:

- іспитом, складає письмовий іспит за затвердженим розкладом та процедурою, яка виписана у пп. 2.7-2.10 «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів», причому загальний бал успішності з дисципліни є усередненим між кількісною оцінкою поточних контролюючих заходів та кількісною оцінкою, одержаною студентом на іспиті; якщо ж кількісна оцінка, одержана студентом на іспиті, менше 50% від максимально можливої, то загальний бал успішності дорівнює балу успішності на іспиті.

Методика проведення підсумкового контролю. Студенти, які на перший день заліково-екзаменаційної сесії мають заборгованість з практичної частини дисципліни, не допускаються до підсумкового семестрового контролю до моменту ліквідації цієї заборгованості у встановленому в ОДЕКУ порядку. Ліквідація заборгованості з практичної частини курсу здійснюється за графіком, який складається викладачами дисципліни, затверджується її завідувачем та оприлюднюється для студентів в останній день семестру.

Студент, який не має на початок заліково-екзаменаційної сесії заборгованості з дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління», складає **письмовий іспит** (екзамен) за затвердженим розкладом та процедурою. Іспит проводиться тільки у письмовій формі за білетами, які розробляються викладачами дисципліни та затверджуються у встановленому порядку.

Відповідно до «Інструкції про порядок проведення та критерії оцінювання відповідей студентів під час письмових іспитів» екзаменаційні білети з дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління» мають вигляд тестових завдань закритого типу у кількості 20 штук у кожному білеті.

На написання відповідей на запитання екзаменаційного білету студенту відводиться до 90 хвилин (дві академічні години). За початок письмового іспиту приймається час закінчення видачі всіх екзаменаційних білетів.

Під час написання письмового іспиту студенти мають право користуватися робочою програмою дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем та методи управління», власним рукописним конспектом лекцій та практичними роботами.

Загальна кількісна оцінка (загальний бал успішності) з дисципліни є усередненою між кількісною оцінкою поточних контролюючих заходів і кількісною оцінкою семестрового іспиту та визначається за шкалою ECTS.

3.1 Індивідуальне завдання

Відповідно до «Положення про організацію та контроль самостійної та індивідуальної роботи студентів ОДЕКУ» індивідуальна робота студентів передбачає створення умов для як найповнішої реалізації творчих можливостей студентів через індивідуально-спрямований розвиток їхніх здібностей, науково-дослідну роботу і творчу діяльність. Все це досягається через виконання індивідуальних завдань, які мають на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які студенти отримують у процесі навчання, а також застосування цих знань на практиці.

Основною формою індивідуальної роботи по дисципліні «Математичне моделювання гідроекологічних систем» є виконання одного ІЗ окремо кожним студентом. Для дисципліни «Математичне моделювання гідроекологічних систем» передбачено виконання ІЗ у вигляді написання реферату (ПРФ) за заданими темами:

1. Поняття про системи і основні їх властивості.
2. Основні етапи математичного моделювання
3. Основні етапи системного аналізу.
4. Класифікація математичних моделей.
5. Динамічні моделі.
6. Види забруднення поверхні річкових водозборів.
7. Загальна математична база перенесення речовин водою.
8. Особливості стратифікації озер за температурою і густиною води.
9. Особливості формування стоків при неточкових джерелах забруднення
10. Особливості кругообігу біогенних речовин у випадках внесення мінеральних добрив. Залежність виносу біогенних речовин від водності року.

Звіт про виконання ІЗ подається студентом у вигляді друкованого текстового документа з титульною сторінкою (реферату) на аркушах формату А4. Перевірка виконання ІЗ відбувається відповідно до графіка контролюючих заходів, який складається кафедрою гідроекології та водних досліджень до початку навчального семестру.

Фактична максимальна сума балів, яку студенти можуть отримати за захист РФ, становить **10 балів** за умови своєчасності виконання завдання на дату запланованого контролюючого заходу. Студенти, які пропустили дату контролюючого заходу без поважних причин або отримали

незадовільну оцінку, мають право у тижневий термін виконати ІЗ та захистити РФ, отримавши при цьому максимальну оцінку в **6 балів**, що еквівалентно якісній оцінці «задовільно». Оцінка за ІЗ виставляється в інтегральну відомість окремим модулем і враховується у лекційній частині модульного контролю при виведенні оцінки поточного семестрового контролю.