

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до СРС і виконання контрольної роботи з дисципліни  
**«МОДЕЛЮВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ  
ГРУНТІВ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ»**

ОДЕСА 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до СРС по вивченню дисципліни

**«МОДЕЛЮВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ  
ГРУНТІВ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ»**

і виконання контрольної роботи  
студентів заочної форми навчання  
спеціальності «Прикладна екологія та збалансоване природокористування»,  
спеціалізації – Агроекологія, рівень підготовки - 7.04010602 - спеціаліст,  
8.04010602-магістр.

"Затверджено"  
на засіданні робочої групи методичної ради  
«Заочна та післядипломна освіта»

ОДЕСА 2015

Методичні вказівки до СРС по вивченню дисципліни "Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю" і виконання контрольної роботи для студентів заочної форми навчання за спеціальністю «Прикладна екологія та збалансоване природокористування», спеціалізація – Агроекологія, рівень підготовки - 7.04010602 - спеціаліст, 8.04010602-магістр.  
// Укладач: к. геогр. н., доцент Жигайло О.Л., Одеса, ОДЕКУ, 2015 р., с. 27, укр. мовою.

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Передмова

Дисципліна «Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю» належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін спеціалізації «Агроекологія». Для успішного засвоєння дисципліни необхідні доскональні знання з екології рослин з основами фізіології та ботаніки, ґрунтознавства, загальної, неорганічної і колоїдної хімії, основ меліорації, моделювання водно-теплогового режиму та продуктивності агроєкосистем.

Добуті знання будуть використовуватись при вивченні математичного моделювання та прогнозування стану агроєкосистем, при дипломному проектуванні та виконанні науково-дослідних робіт.

Мета викладання дисципліни – дати студенту основні знання про характер та масштаб видів антропогенного впливу на систему “ґрунт - рослинність”, про наслідки цього впливу, про способи оцінки стану природних об’єктів та існуючі методи розрахунку та математичного моделювання процесів розповсюдження шкідливих домішок в агробіоценозах.

Задача дисципліни – дати уяву сучасних досягнень в галузі моделювання забруднення в системі "ґрунт – рослина - атмосфера " та методик контролюючих заходів у даній сфері.

Після вивчення дисципліни “Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю” студенти повинні знати основні поняття системного аналізу, методи системного моделювання стану навколишнього середовища; мати уявлення про особливості процесів забруднення ґрунтів та рослин шкідливими речовинами; знати математичні моделі забруднення ґрунтів, сільськогосподарської та природної рослинності, а також методи спостережень і контролю забруднення ґрунтово-рослинного покриву.

На основі знань, добутих у процесі вивчення теоретичного матеріалу, студенти повинні вміти описати моделі забруднення ґрунтів та рослин, виділити параметри і змінні моделей; визначити методи вимірювання та методи регулювання забруднення ґрунтів.

Дисципліна «Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю» складається з оглядових лекцій, самостійного вивчення теоретичного курсу, виконання контрольної роботи, курсового проекту, виконання практичних робіт під час проведення аудиторних занять та підсумкового контролю. З дисципліни «Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю» студенти заочного факультету складають іспит.

Загальний обсяг часу на вивчення дисципліни визначається навчальним планом підготовки спеціалістів - агроєкологів.

При заочному навчанні самостійна робота студентів зі спеціальною літературою є основним видом занять. Успішне рішення питань, пов'язаних із самостійною роботою студентів, в значній мірі визначається методичними розробками по її організації та контролю.

Мета даних методичних вказівок полягає в наданні допомоги студентам заочної форми навчання при самостійному вивченні дисципліни «Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю». В них надається перелік тем теоретичного курсу, до кожної теми надається перелік основних питань до вивчення, навчальної літератури і контрольні запитання для перевірки якості засвоєння матеріалу.

## 1.2 Зміст дисципліни “Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю”

### Теоретична частина

№	Найменування теми, її зміст
1	<p style="text-align: center;"><b>Вступ</b></p> <p>Історія виникнення моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю. Предмет та методи моделювання антропогенного забруднення ґрунтового-рослинного покриву та методи його контролю, структура та функції дисципліни. Мета і завдання моделювання антропогенного забруднення ґрунтового-рослинного покриву та методи його контролю, її основні положення. Зв'язок дисципліни з іншими науками. Роль дисципліни у формуванні майбутніх спеціалістів.</p>
2	<p style="text-align: center;"><b>Тема 1. Системний аналіз в моделюванні забруднення навколишнього середовища</b></p> <p>Три стадії розвитку біосфери. Сучасне становище моделювання процесів антропогенного забруднення. Моделі глобального розвитку. Регіональні та локальні моделі.</p> <p>Поняття система, модель та системний аналіз. Основні елементи системного аналізу. Основні етапи системного аналізу.</p> <p>Властивості систем та відповідні засоби їх системного аналізу.</p> <p>Теоретичні та емпіричні методи математичного моделювання. Моделювання за принципом самоорганізації. Імітаційне, імітаційно-оптимізаційне та графічне моделювання. Прогнозування на основі аналізу стійкості. Системний підхід як методологія прогнозування та оптимізації.</p>

3	<p><b>Тема 2. Моделювання антропогенного впливу на ґрунти.</b>  Глобальні функції ґрунтів. Ґрунт – основна ланка акумуляції усіх забруднень. Проблема збереження ґрунтів і задача раціонального їх використання.</p> <p>Шляхи хімічного забруднення ґрунтів. Моделювання одновимірного поля забруднення. Моделювання хімічного забруднення ґрунтів важкими металами.</p> <p>Проблеми агроекології. Моделювання динаміки забруднення ґрунтів пестицидами. Точкові моделі. Прогнозування концентрації пестицидів в ґрунті. Екологотоксикологічна класифікація пестицидів за комплексом факторів.</p> <p>Теоретичні моделі вологопереносу в ґрунтах. Функція водоутримувальної здатності ґрунту. Різницеві рівняння вологоперенесення.</p> <p>Моделювання вертикальної міграції радіонуклідів у профілі ґрунту. Рівняння конвективної дифузії радіонуклідів. Моделювання однократного забруднення поверхні ґрунту. Моделювання забруднення ґрунту у випадку рівномірного випадання радіонуклідів протягом часу; протягом тривалого часу. Компартментний підхід моделювання вертикальної міграції радіонуклідів у ґрунті.</p>
4	<p><b>Тема 3. Моделювання продуктивності, екологічної чистоти та якості сільськогосподарських культур.</b>  Детальне моделювання. Цілісний підхід. Проблемно-орієнтовані моделі.</p> <p>Мета моделювання. Вибір структури моделі. Планування експерименту. Модель врожаю кукурудзи на зерно.</p> <p>Мета моделювання. Структура моделей “вода - врожай”.</p> <p>Мета моделі. Концепція моделювання. Опис структури моделі продуктивності, якості та екологічної чистоти сільськогосподарських культур.</p>
5	<p><b>Тема 4. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах.</b></p> <p>Функції перенесення радіонуклідів в ланцюжках ґрунт - рослина. Модель прогнозування забруднення коренебульбоплодів. Модель накопичення <math>Pu</math> в органах бобових рослин.</p> <p>Мета моделі. Концепція моделювання. Опис структури моделі міграції радіонуклідів у посадках верби корзинової.</p> <p>Дніпровська річкова система – шлях поширення радіонуклідів на “чисті” регіони України. Моделювання формування доз опромінення за рахунок водного фактора. Моделювання надходження радіонуклідів в рослину через листя та кореневим шляхом. Моделювання впливу обробки сільськогосподарської</p>

	продукції на вміст радіонуклідів у продуктах харчування, готових до вживання.
<b>6</b>	<p align="center"><b>Тема 5. Методи контролю забруднення ґрунтово-рослинного покриву.</b></p> <p>Дегуміфікація ґрунтів. Ґрунтова ерозія. Засолення та осолонцювання ґрунтів. Викиди промислових підприємств, енергетики, транспорту. Використання в сільському господарстві хімічних засобів захисту рослин і добрив.</p> <p>Протиерозійні заходи. Підвищення родючості зрошуваних земель. Профілактичні і активні заходи щодо зменшення забруднення ґрунтів.</p> <p>Важкі метали. Правила та методи відбору проб ґрунтів для визначення важких металів. Закладка ґрунтово-геоморфологічного профілю.</p> <p>Підготовка топографічної основи. Розробка шкали ступеню забрудненості ґрунтів. Коректування ґрунтового контуру. Оформлення карти.</p>

### 1.3 Перелік навчальної літератури

#### Основна

1. Конспект лекцій “Моделювання забруднення ґрунтово-рослинного покриву та методи його контролю”. Укладач Жигайло О.Л. Одеса. 2005. – 107 с.
2. Ковальчук П. І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: Навч. Посібник. – К.: Либідь, 2003. – 208 с.
3. Методические указания по контролю загрязнения почв – М.: Гидрометеиздат, 1977 – 64 с.
4. Сафранов Т.А., Польовий А.М., Коніков Є.Г., Ротар М.Ф. та інш. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтово-рослинного покриву: Навчальний посібник. – Одеса, Вид-во “ТЭС”, 2003. – 260 с.
5. Жигайло О. Л. Методичні вказівки з дисципліни "Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю" до виконання курсового проекту студентами 5 курсу екологічного факультету. Напрямок підготовки "Екологія". Спеціальність "Агроекологія". Одеса, ОДЕКУ, 2009. – 40 с.

#### Додаткова

1. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. – М.: Гидрометеиздат, 1983.

2. Полевой А.Н. , Хохленко Т.Н. Моделирование формирования урожая сельскохозяйственных культур в условиях орошения черноземов Придунайской провинции. // Почвоведение. – 1995, № 12, с. 1518 – 1524.

#### 1.4 Перелік знань та вмінь студента

Після вивчення дисципліни студенти повинні

##### **Знати:**

- основні поняття та етапи системного аналізу;
- характерні властивості систем і засоби системного аналізу;
- екологічні функції ґрунтів та завдання їх збереження ;
- джерела надходження важких металів в ґрунт, природні та штучні радіонукліди;
- екологічні проблеми зрошення та хімізації;
- походження мінеральних добрив та їх хімічний склад;
- класи небезпечності пестицидів та порядок їх розрахунку в екотоксикологічній системі прийняття рішень;
- принципи класифікації моделей;
- параметри моделі, які описують процеси накопичення, переносу забруднювачів;
- параметри моделей, які описують фундаментальні процеси розвитку рослин;
- елементи забруднення та їх вплив на процеси асиміляції рослин;
- шляхи формування дози опромінення людей;
- основні принципи організації полігонних спостережень;
- контролюючи параметри при маршрутних формах спостережень.

##### **Вміти:**

- охарактеризувати суть та відмінності емпіричного, теоретичного та емпірико-теоретичного моделювання довкілля ;
- визначити взаємодію методів індуктивного підходу при побудові системної моделі;
- навести теоретичну та різницеву модель одновимірного поля хімічного забруднення ґрунтів;
- записати точкову модель динаміки забруднень ґрунтів пестицидами;
- навести теоретичне та різницеве рівняння вологоперенесення;
- охарактеризувати рівняння конвективної дифузії радіонуклідів;
- оцінити потоки радіонуклідів в компартментній моделі міграції радіонуклідів в ґрунті;
- визначити негативний вплив кожного з забруднювачів;
- навести групи критеріїв оцінки продукційних процесів;
- визначити параметри моделі міграції радіонуклідів в системі ґрунт – рослина;



- визначити параметри моделі міграції радіонуклідів у посадках верби корзинової;
- охарактеризувати залежність накопичення активності в продукції зрощуваного землеробства.;
- оцінити вплив обробки сільськогосподарської продукції на вміст радіонуклідів у продуктах харчування;
- визначити контролюючі процеси забруднення та його показники;
- визначити методи вимірювання та методи регулювання.

### 1.5 Перелік завдань на самостійну роботу

#### Лекції

№ п/п	Теми	Кількість годин СРС	Контролюючі заходи
1	Вступ	2	Перевірка контрольної роботи
2	Тема 1	22 г.	Перевірка контрольної роботи
3	Тема 2	22 г.	Перевірка контрольної роботи
4	Тема 3	22 г.	Перевірка контрольної роботи
5	Тема 4	20 г.	Перевірка контрольної роботи
6	Тема 5	20 г.	Перевірка контрольної роботи
7	Виконання курсового проекту	30	Перевірка курсового проекту
	Всього	138	

## **2. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА**

### **2.1. Загальні рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу**

Рекомендується наступний порядок вивчення дисципліни:

- зміст кожної теми дисципліни вивчається за допомогою наведеного у п. 1.3 переліку навчальної та методичної літератури (як основне джерело слід використовувати конспект лекцій О.Л. Жигайло у списку літератури під номером 1; як додаткову літературу можна поради решту списку, а також іншу навчальну літературу);
- після засвоєння змісту кожної теми треба відповісти на “Запитання для самоперевірки”, що наведені у даних методичних вказівках наприкінці кожної теми;
- виконується контрольна робота;
- якщо виникли питання при вивченні теоретичного матеріалу або при виконанні контрольної роботи, то потрібно звернутись до викладача, який читав установчі лекції, письмово на адресу університету звичайною або електронною поштою:

agro@[odeku.edu.ua](mailto:odeku.edu.ua).

### **2.2 Теми теоретичного матеріалу для самостійної роботи студентів**

#### **Тема 1. Системний аналіз в моделюванні забруднення навколишнього середовища**

Існування людського суспільства незмінно пов'язане з використанням довкілля як середовища мешкання та створення засобів життєзабезпечення — продуктів харчування, сировини й матеріалів для побутових потреб і виробничої діяльності, виробництва й використання енергії, забезпечення транспортом та засобами зв'язку, задоволення рекреаційних потреб. Проте, відповідно до розвитку суспільних відносин, антропогенний вплив на природне середовище не зменшувався, а прогресивно зростав.

Еволюцію природних систем поділяють на три основні стадії. [1, стор.8-9].

Моделювання процесів забруднення навколишнього середовища має забезпечувати інформаційні технології прийняття рішень і бути сполучною ланкою між природно-технічними системами, в яких розглядаються варіанти дій, технологій, проектів, та екологічною системою, де дані варіанти оцінюються з екологічних позицій.[1, стор. 9 – 10, 2, стор. 7 -8].

Історія успішного використання системного аналізу та імітаційного моделювання для рішення інженерних задач нараховує вже більш 40 років. Системний аналіз полягає в постановці проблеми, її структуруванні в серію

задач і підзадач, у деталізації мети, конструюванні ефективної організації процесу для її досягнення. [1, стор. 11-13].

В основу методів системного аналізу покладено практичні методи створення систем прогнозування стану довкілля, розвитку його в таких напрямках, що забезпечують гармонійну взаємодію суспільства й природи:

- *теоретичні та емпіричні методи математичного моделювання;*
- *моделювання за принципом самоорганізації;*
- *імітаційне моделювання;*
- *імітаційно-оптимізаційне моделювання;*
- *графічна оптимізація;*
- *прогнозування на основі аналізу стійкості.*

Системна модель є композицією підмоделей, їхньою певною структурізацією, функції яких реалізуються на основі взаємодії різних підходів і методів. [1, стор. 13-17].

### Контрольні питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте сучасне становище моделювання процесів антропогенного забруднення.
2. В чому позитивна роль моделювання глобального розвитку та його обмеженість?
3. Сформулюйте основні поняття та етапи системного аналізу.
4. Назвіть характерні властивості систем і засоби системного аналізу.
5. Які особливості системного моделювання довкілля на сучасному етапі розвитку біосфери?
6. Охарактеризуйте суть та відмінності емпіричного, теоретичного та емпірико-теоретичного методів моделювання довкілля.

### Тема 2. Моделювання антропогенного впливу на ґрунти

Проблема збереження ґрунтів і задача раціонального їх використання має багато різних аспектів і потребує зусиль спеціалістів багатьох напрямів. Найактуальніші екологічні питання, які можуть бути вирішені на основі моделювання кількісних взаємозв'язків і процесів масопереносу в ґрунтах, є такими:

- моделювання хімічного забруднення ґрунтів з метою аналізу й мінімізації антропогенного впливу;
- моделювання процесів меліоративного впливу з метою недопущення розвитку негативних процесів і деградації ґрунтів;
- моделювання продукційних процесів вирощування сільськогосподарських культур як основи аналізу ефективності соціальної

функції ґрунтів, визначення раціональних ресурсозберігаючих і екологічно безпечних технологій для ефективного природокористування.

Саме за цими позиціями нижче наводяться моделі окремих екологічних процесів, що дають змогу вивчити антропогенний вплив на ґрунти, а також системні моделі оптимального управління природокористуванням.

*Моделювання хімічного забруднення ґрунтів важкими металами.* За даними про ступінь і характер забруднення ґрунту в районі шламонакопичувачів одержано моделі розрахунку деяких хімічних елементів у поверхневому (0 ... 20 см) горизонті ґрунту, а саме для:

- Міді
 
$$y = 0,004r^2 + 2(x_0/100)r + (x_0 - 0,8);$$
- Цинку
 
$$y = 0,01r^2 + 0,6r + 0,9x_0;$$
- Хрому
 
$$y = 0,02r^2 + 1,2r + 0,9x_0; \tag{1}$$
- Нікелю
 
$$y = 0,02r^2 + x_0r/100 + 0,9x_0;$$

де  $r$  — відстань від шламонагромаджувачів ( $r \leq 500$  м);  $x_0$  — початкове значення хімічних елементів у ґрунті, мг/кг. [1, стор. 19-21].

*Моделювання динаміки забруднення ґрунтів пестицидами.* Одним із найважливіших підходів до визначення та інтегральної оцінки впливу пестицидів на здоров'я населення є вивчення динаміки їх поширення і трансформації в різних середовищах, у тому числі в ґрунтах [10].

Теоретичною моделлю розчинення, перенесення, поглинання і розпаду пестицидів у ґрунтах у разі одновимірного руху розчину в пористому середовищі є рівняння дифузії:

$$m_0 \frac{\partial U}{\partial t} = D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - V \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial b}{\partial t} - \alpha U + f(x), \tag{2}$$

де  $D = D_M + \lambda|V|$  - дифузійна складова;  $\alpha$  - коефіцієнт швидкості розпаду пестициду;  $U$  - концентрація пестициду в розчині;  $V$  - швидкість фільтрації;  $\frac{\partial b}{\partial t}$  — швидкість розчинення пестициду у воді;  $f(x)$  — функція поглинання пестициду кореневою системою.

Для квазістаціонарного випадку, коли  $V$  не залежить від  $x$  і  $m_0 = \text{const}$ , швидкість фільтрації розраховується за формулою

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}. \tag{3}$$

Кінетику процесу розчинення і розпаду можна описати рівнянням першого порядку:

$$\frac{\partial b}{\partial t} = \nu(U_m - U) - kb, \quad (4)$$

де  $k, \nu$  — константи розпаду в твердій фазі (в сухих ґрунтах);  $U_m$  — концентрація насичення;  $b$  — концентрація пестициду в твердій фазі ґрунтів. [1, стор. 22 - 28].

*Моделювання впливу на ґрунти меліоративних процесів.* При вивченні забруднення ґрунтів важливу роль відіграє вивчення процесів переносу солей, хімічних забруднювачів, радіонуклідів. Особливу роль має застосування побудованої загальної теорії руху води в ґрунтах, оскільки з цим процесом пов'язані забруднення пестицидами і добривами водних джерел, негативні явища при зрошенні земель.

Теоретична модель руху води в ґрунтах базується на уявленнях про термодинамічний потенціал ґрунтової вологи, і в насичених ґрунтах, тобто в ґрунтах, поровий простір яких цілком заповнений водою, базується на *законі Дарсі*. За цим законом, потік води, що проходить через одиницю площі поперечного перерізу ґрунту за одиницю часу, пропорційний градієнтові потенціалу:

$$q = -k_0 \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad (5)$$

де  $q$  — об'єм води, що протікає за одиницю часу через одиницю площі поперечного перерізу ґрунту на глибині  $z$ ;  $\Phi$  — повний потенціал ґрунтової вологи;  $k_0$  — гідравлічна провідність насиченого ґрунту або коефіцієнт фільтрації.

Поряд із рівнянням Дарсі для потоку вологи в ненасиченому ґрунті використовується рівняння нерозривності для нестиснювальної рідини в нестиснювальному пористому середовищі, яке описує закон збереження води в елементарному об'ємі ґрунту. [1, стор. 28 – 33, 2, 105 - 110]

*Моделювання вертикальної міграції радіонуклідів у профілі ґрунту.*

Особливе значення в моделюванні міграції радіонуклідів у профілі ґрунтів мають роботи радянських учених В.М. Прохорова, Л.В. Кириченко, В.Л. Анохіна, І.Є. Константинова, Ю.М. Свірежева, якими були узагальнені теоретичні й експериментальні дослідження в цій області. У припущенні про наявність стану динамічної рівноваги між радіонуклідами, що знаходяться у твердій і рідкій фазах ґрунту, в роботах цих авторів було запропоноване й обґрунтоване використання при описі міграції радіонуклідів рівняння конвективної дифузії:

$$dq(x, t)/dt = D(x, t)d^2 q(x, t)/dx^2 - \omega dq(x, t)/dx - \lambda q(x, t), \quad (6)$$

де  $q(x, t)$  - середня за всі фази концентрація радіонуклідів;  $D(x, t)$  - ефективний коефіцієнт квазидифузії;  $\omega$  - лінійна швидкість перенесення

радіонуклідів під дією потоку вологи;  $\lambda$  - постійна радіоактивного розпаду.[1, стор. 33 - 41].

### Контрольні питання для самоперевірки

1. Назвіть соціально-екологічні функції ґрунтів та задачі їх збереження.
2. За яких умов виникає необхідність ідентифікації точкових різницевих рівнянь динаміки забруднень ґрунтів?
3. Назвати класи небезпечності пестицидів та навести порядок їх розрахунків в екотоксикологічній системі прийняття рішень?
4. Запишіть точкову модель динаміки забруднення ґрунтів пестицидами та радіонуклідами.
5. Наведіть теоретичне та різницеве рівняння вологоперенесення. Які меліоративні проблеми можна вирішувати на його основі?
6. Наведіть теоретичну та різницеву модель одновимірного поля хімічного забруднення ґрунтів.
7. Які потоки радіонуклідів розглядаються в компартментній моделі міграції радіонуклідів в ґрунті?

### Тема 3. Моделювання продуктивності, екологічної чистоти та якості сільськогосподарських культур.

Математичне моделювання продукційних процесів має різні напрями, які залежать від тих функціональних особливостей систем, для оптимізації яких створюється математична модель. Так, якщо модель ідентифікується для оптимізації агроекологічних функцій, то напрями моделювання, наприклад, можуть бути: вивчення особливостей процесів зростання і розвитку рослин з метою ефективного управління; визначення залежностей «урожайність - ресурси» для оптимізації ресурсного потенціалу в системах вищого рівня ієрархії; ідентифікація зв'язків «урожайність – ресурси - екологічний стан довкілля» для комплексних еколого-економічних оцінок тощо. Мета моделювання визначає також детальність математичної моделі, вхідної інформації та зв'язків між входами і виходами [1, стор. 42].

*Математичні моделі «врожайність-динаміка вологості ґрунту».* Під час вирощування врожаїв із чергуванням культур у сівозміні треба забезпечити сільськогосподарські рослини такими ресурсами і в таких пропорціях, які найменшою мірою обмежують їх зростання й розвиток. Ця вимога забезпечується врахуванням *закону взаємодії факторів*, згідно з яким ефективність дії даного фактора проявляється тим більше, чим краще рослини забезпечені всіма іншими умовами їхньої життєдіяльності.

В зоні недостатнього зволоження на півдні України основним обмеженням на досягнення високої врожайності сільськогосподарських культур є нестача вологи, інший мінімум відповідає елементам живлення.

Адекватне відображення взаємного впливу факторів (вологі ґрунту і добрив) добре забезпечує нелінійна модель у вигляді добутку двох функцій:

$$Y = F(W_1, \dots, W_n) y^{\Pi}(\theta_1, \dots, \theta_n), \quad (7)$$

де  $F(W_1, \dots, W_n)$  — функція залежності врожаю від динаміки вологості ґрунту за фазами розвитку сільськогосподарської культури;  $y^{\Pi}(\theta_1, \dots, \theta_n)$  — плановий урожай сільськогосподарської культури в разі оптимального водоспоживання, що залежить від рівня елементів живлення  $\theta_1, \dots, \theta_n$ . [1, стор. 44 - 46].

*Моделювання продуктивності, якості та екологічної чистоти сільськогосподарських культур в умовах зрошення.* Побудова такої моделі, пов'язана з розглядом, з одного боку, єдиної суцільної біогеоценотичної системи "ґрунт - рослина - атмосфера", яка функціонує в умовах забруднення важкими металами за рахунок якості зрошувальних вод і мінеральних та органічних добрив, а з другого боку, описом складних і різноманітних процесів гідрометеорологічного режиму, що формується в цій системі, впливу цього режиму на найважливіші процеси життєдіяльності рослин і їх взаємозв'язок (фотосинтез, дихання, поглинання елементів мінерального живлення, ріст і розвиток рослин) та поглинання і накопичення рослиною важких металів. [1, стор. 48-61].

#### Контрольні питання для самоперевірки

1. Які процеси розглядаються при моделюванні продуктивності, екологічної чистоти та якості рослин в умовах зрошення?
2. З якою метою ідентифікуються проблемно-орієнтовані комплекси моделей "урожайність - ресурси"?
3. Які фактори обумовлюють структурно-функціональний підхід до вибору залежностей "урожайність – динаміка вологості ґрунту"?
4. Охарактеризуйте метод ідентифікації моделей "урожайність – коефіцієнт вологозабезпеченості". Як відбувається моделювання впливу мінералізації зрошувальної води на продуктивність рослин?
5. Від чого залежить процес поглинання рослинами мінеральних речовин? Як залежить накопичення важких металів від внесення добрив та віку рослин?
6. Якими факторами визначаються фотосинтез та дихання рослин в моделях накопичення важких металів?
7. Як моделюються радіаційний та водно-тепловий режими в моделі "ґрунт - рослина - атмосфера"?

#### Тема 4. Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах

Переміщення радіонуклідів по сільськогосподарських ланцюгах у сфері агропромислового виробництва є багатоланковим процесом. Кількісні

характеристики цього процесу достатньо динамічні та змінні у часі та просторі. Вони залежать від великої кількості факторів різної природи (біохімічні, виробничо-господарські та ін.). Необхідність опису сукупності процесів міграції радіонуклідів у сільськогосподарській сфері обумовила широке використання системного підходу в проведенні радіоекологічних досліджень переносу радіонуклідів за допомогою моделей транспорту радіонуклідів в агроценозах. Метою таких моделей є прогнозування вмісту радіонуклідів у конкретному блоці агроценозу. [1, стор. 62].

Враховуючи залежність окремих блоків міграції радіонуклідів в агросфері та специфічні особливості їх переміщення по окремим сільськогосподарським ланцюгам виділяють 6 груп такого роду моделей.

*Моделі міграції радіонуклідів у ґрунтах.* У моделях вертикальної міграції радіонуклідів звичайно враховується два механізми, що визначають швидкість протікання цього процесу, – конвективний і квазидифузійний. Це дозволяє розглядати процес міграції аналогічно руху мікродомішки в колонці з адсорбентом і застосувати для його опису тарілкову теорію динаміки сорбції. Уперше це було зроблено в роботах С.В. Торнтуейта із співавторами. [4, стор. 169].

*Моделі міграції радіонуклідів у системі "ґрунт – рослина".* Для моделювання міграції в системі "ґрунт - рослина" характерним є використання методів технічної кібернетики, що лежать в основі побудови й аналізу компартментних (камерних) моделей. У рамках такого підходу агроценоз розглядається у вигляді сукупності однорідних компартментів, між якими відбувається перенесення радіонуклідів, що характеризується деякими функціями  $a_{i,j}$  [1, стор. 63 - 70].

*Моделі перенесення радіонуклідів по харчових ланцюжках.* У моделюванні переносу радіонуклідів по харчових ланцюжках найбільше застосування знаходять компартментні моделі. При описі міграції радіонуклідів в системі рослина – первинний продукт – тварина – вторинний продукт використовуються як динамічні моделі, так і статичні. [4, стор. 206 - 217].

*Моделі транспорту радіонуклідів в агросфері.* Необхідність у створенні великих імітаційних моделей транспорту радіонуклідів в агро сфері в значній мірі зв'язана із широким розвитком ядерної енергетики в регіонах, що є традиційно аграрними. В основі цих моделей лежить модульний принцип побудови.

Загальна структура моделей транспорту радіонуклідів має вигляд сукупності програмних модулів, реалізованих послідовно, і сполученої з ними бази даних, що забезпечує обчислювальний процес необхідною інформацією. [4, стор. 217 - 220].

Особливий інтерес викликають оцінка та прогноз наслідків фітореабілітації забруднених земель зони ЧАЕС. Приміром такий оцінки є моделювання міграції радіонуклідів у посадках верби корзинової (*Salix viminalis* L.). [1, 70 – 83, 4, стор. 188 - 200].

Водний шлях поширення радіонуклідів є домінуючим шляхом переносу радіонуклідів з території зони відчуження ЧАЕС на «чисті» або малозабруднені



регіони України. Моделювання переносу радіонуклідів у сільськогосподарських екосистемах виконувалося [29] на основі модифікованої математичної моделі, розробленої для оцінки забруднення сільськогосподарських продуктів в умовах використання радіоактивно забруднених джерел води для поливного землеробства в моделі ECOSYS, запропонованої Muller і Prohl [1, стор. 83-89, 4, стор. 220-233].

### Контрольні запитання для самоперевірки

1. В чому суть компартментної моделі перенесення радіонуклідів в системі "грунт - рослина"? Як пов'язаний стан компартментів із швидкістю переносу радіонуклідів між ними?
2. Що лежить в основі прогнозування транспорту радіонуклідів в агроценозах?
3. Опишіть моделювання впливу обробки сільськогосподарської продукції на вміст радіонуклідів в продуктах харчування.
4. Які процеси розглядаються в моделі міграції радіонуклідів у посадках верби корзинової?
5. Які процеси враховуються при моделюванні міграції радіонуклідів по харчових ланцюжках?
6. Які моделі використовують для оцінки доз опромінення населення за рахунок водних шляхів міграції радіонуклідів?
7. Що лежить в основі прогнозування транспорту радіонуклідів в агросфері?
8. Охарактеризувати загальну структуру моделей транспорту радіонуклідів в агросфері.

### Тема 5. Методи контролю забруднення ґрунтово-рослинного покриву

Площа суші земної кулі, яка доступна для господарського використання, складає земельний фонд планети. Загальна площа суші на земній кулі – 149 млн. км<sup>2</sup>. При сучасному рівні техніки людству для господарського використання доступні 134 млн. км<sup>2</sup> (13,4 млрд. га) трохи більш ніж ¼ всієї поверхні земної кулі. Площа продуктивних угідь становить 8,608 млрд. га, але тільки половина з них зайнята в сільському господарстві (4,553 млрд. га) решта ліси і чагарники. У середньому на кожного жителя Землі доводиться біля 1 га орних земель, луків, пасовищ; з них лише 0,4 га – орні землі. Однак ця величина неухильно знижується в зв'язку із зростанням народонаселення Землі і виходом частини угідь із сільськогосподарського обороту. Щорічно виключаються з використання 5-7 млн. га угідь.[1, стор. 90].

Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів вже виявляються на регіональному і навіть глобальному рівні. Тому розробка програм спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів, тобто система

спостережень і оцінок стану ґрунтів внаслідок антропогенного забруднення, є вельми актуальною.

У задачу спостережень входять:

- реєстрація сучасного рівня хімічного забруднення ґрунтів, виявлення географічних закономірностей і динаміки тимчасових змін забруднення ґрунтів в залежності від розташування і технологічних параметрів джерел забруднення;
- оцінка можливих наслідків забруднення ґрунтів і прогноз тенденцій зміни хімічного складу ґрунтів в найближчому майбутньому;
- обґрунтування складу і характеру заходів щодо регулювання можливих негативних наслідків в результаті забруднення ґрунтів і заходів, спрямованих на докорінне поліпшення вже забруднених ґрунтів;
- забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень забруднення ґрунтів.

Виходячи з цих задач можна виділити такі види спостережень:

- режимні спостереження, тобто систематичні;
- комплексні спостереження, які включають дослідження процесів міграції забруднюючих речовин в системах: атмосферне повітря-ґрунт, ґрунт-рослина, ґрунт-вода і ґрунт-донні відкладення;
- вивчення вертикальної міграції забруднюючих речовин;
- спостереження за рівнем забруднення ґрунтів в певних пунктах відповідно до запитів організацій.[1, стор. 95-95].

Спостереження і контроль за забрудненням ґрунтово-рослинного покриву пестицидами проводяться на постійних і тимчасових пунктах. Постійні пункти створюються на період не менше за 5 років. Чисельність постійних пунктів залежить від кількості і розмірів господарств. До постійних пунктів відносяться території молокозаводів, м'ясокомбінатів, елеваторів, плодоовочевих баз, птахоферм, рибгоспів і лісгоспів. Для оцінки фонового забруднення ґрунту вибираються ділянки, віддалені від сільськогосподарського виробництва, промислових виробництв, в "буферній зоні" заповідників.[1, стор. 99-100].

Спостереження за рівнем забруднення важкими металами носять експедиційний характер. Час їх проведення не має значення, але краще їх здійснювати влітку в період збирання основних сільськогосподарських культур. Повторні спостереження здійснюються через 5-10 років. При виборі ділянок спостережень використовується топографічна карта, в центрі якої розташовується місто, селище або промисловий центр (рис.5.1). З геометричного центру проводяться кола радіусом 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30; 50 км в масштабі карти, тобто окреслюється зона можливого забруднення ґрунтів важкими металами. Протяжність зони забруднення ґрунтів визначається розою вітрів, характером викидів в атмосферу, висотою труби, рельєфом, рослинністю і т.д. Значна кількість аерозолів і газів, що містять важкі метали, залишається в атмосфері і переноситься на великі відстані.[1, стор. 101-103].

При дослідженні забруднення ґрунтів важкими металами складаються спеціальні карти – ґрунтотехнохімічні карти. На них представляються типи, підтипи, види і різновиди ґрунтів, а також міра їх забрудненості.[1, стор. 103-105].

### Контрольні питання для самоперевірки

1. Назвіть профілактичні і активні заходи щодо зменшення забруднення ґрунтів.
2. Які виникають проблеми при використанні в сільському господарстві пестицидів і добрив?
3. У чому полягає суть метода дослідження за рівнем хімічного забруднення ґрунту?
4. Розгляньте метод дослідження забруднення ґрунтово-рослинного покриву пестицидами.
5. Опишіть метод дослідження забруднення ґрунтово-рослинного покриву важкими металами.
6. Якій існує метод дослідження забруднення ґрунтово-рослинного покриву радіонуклідами?

## 2.3 Перелік завдань на контрольну роботу

### 2.3.1. Загальні поради по виконанню контрольної роботи:

1. За допомогою навчальної та методичної літератури, які наведена у попередній частині Методичних вказівок, та рекомендацій, які сформульовані у п. 2.1 чинних Методичних вказівок, необхідно вивчити зміст теоретичної частини кожної теми. Самоперевірка засвоєння знань здійснюється за допомогою „Контрольних питань для самоперевірки”, які наводяться наприкінці кожної теми.

2. Після засвоєння теоретичного матеріалу приступити до виконання контрольної роботи.

3. Надіслати виконану та оформлену за встановленими деканатом заочного факультету вимогами контрольну роботу до університету на перевірку та рецензію до контрольної дати, яка також установлюється деканатом.

У п. 2.3.2 наведені 7 варіантів контрольних завдань, які містять по 5 теоретичних запитань. Перший варіант виконують студенти, прізвище яких починається з літери: А, Б, В і Г; другий варіант - Д, Ж, Є і З; третій - варіант: І, К, Л і М; четвертий варіант - Н, О, П і Р; п'ятий - С, Т, У і Ф; шостий: Х, Ч, Ц і Ш; сьомий: Щ, Е, Ю і Я.

### 2.3.2. Перелік варіантів контрольної роботи

## Варіант І

1. Визначить поняття система, модель та системний аналіз. Назвіть основні елементи системного аналізу.
2. Назвіть соціально-екологічні функції ґрунтів та задачі їх збереження.
3. Які процеси розглядаються при моделюванні продуктивності, екологічної чистоти та якості рослин в умовах зрошення?
4. В чому суть компартментної моделі перенесення радіонуклідів в системі "ґрунт - рослина"?
5. Назвіть профілактичні і активні заходи щодо зменшення забруднення ґрунтів.

## Варіант 2

1. Назвіть основні етапи системного аналізу. Які існують властивості систем та відповідні засоби їх системного аналізу.
2. За яких умов виникає необхідність ідентифікації точкових різницевих рівнянь динаміки забруднень ґрунтів?
3. З якою метою ідентифікуються проблемно-орієнтовані комплекси моделей "урожайність - ресурси"?
4. Що лежить в основі прогнозування транспорту радіонуклідів в агроценозах?
5. Які виникають проблеми при використанні в сільському господарстві пестицидів?

## Варіант 3

1. Охарактеризуйте теоретичні та емпіричні методи математичного моделювання.
2. Визначить класи небезпечності пестицидів та опишіть порядок їх розрахунку в екотоксикологічній системі прийняття рішень.
3. опишіть модель "урожайність – динаміка вологості ґрунту"?
4. Як моделюється вплив обробки сільськогосподарської продукції на вміст радіонуклідів у продуктах харчування?
5. Якій існує метод дослідження забруднення ґрунтово-рослинного покриву радіонуклідами?

#### Варіант 4

1. Опишіть моделювання за принципом самоорганізації.
2. Запишіть точкову модель динаміки забруднення ґрунтів пестицидами та радіонуклідами.
3. Розгляньте метод ідентифікації моделей "урожайність – коефіцієнт вологозабезпеченості".
4. Які процеси розглядаються в моделі міграції радіонуклідів у посадках верби корзинової?
5. Які виникають проблеми при використанні в сільському господарстві добрив?

#### Варіант 5

1. Опишіть імітаційне, імітаційно-оптимізаційне та графічне моделювання.
2. Наведіть теоретичне та різницеве рівняння вологоперенесення. Які меліоративні проблеми можна вирішувати на його основі?
3. Від чого залежить процес поглинання рослинами мінеральних речовин? Як залежить накопичення важких металів від внесення добрив та віку рослин?
4. Математичне моделювання формування доз опромінення за рахунок водного фактора. Які моделі використовують для оцінки надходження радіонуклідів в рослину через листя?
5. У чому полягає суть методу дослідження за рівнем хімічного забруднення ґрунту?

#### Варіант 6

1. Опишіть прогнозування на основі аналізу стійкості.
2. Наведіть теоретичну та різницеву модель одновимірного поля хімічного забруднення ґрунтів.
3. Якими факторами визначається фотосинтез та дихання рослин в моделях накопичення важких металів?
4. Які моделі використовують для оцінки надходження радіонуклідів в рослину кореневим шляхом за рахунок водного фактора?
5. Розгляньте метод дослідження забруднення ґрунтово-рослинного покриву пестицидами.

#### Варіант 7

1. В чому полягає системний підхід як методологія прогнозування та оптимізації?
2. Які потоки радіонуклідів розглядаються в компартментній моделі міграції радіонуклідів в ґрунті?
3. Як моделюються радіаційний та водно-тепловий режими в моделі " ґрунт - рослина - атмосфера " ?
4. Як моделюється вплив обробки с.-г. продукції на вміст радіонуклідів у продуктах харчування готових до вживання?
5. Опишіть метод дослідження забруднення ґрунтово-рослинного покриву важкими металами.

## 2.4 Методичні рекомендації по виконанню курсового проекту

Курсовий проект з дисципліни "Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю" виконується згідно методичних вказівок [5, стор. 6] за двома темами:

Тема 1. Моделювання забруднення важкими металами посівів \_\_\_\_\_ (вказується назва культури та назва станції або області) в умовах зрошення.

Тема 2. Моделювання забруднення радіонуклідами урожаю \_\_\_\_\_ (вказується назва культури та назва станції або області) та продуктів їх переробки.

Тему курсового проекту надає викладач.

При цьому максимальна кількість складає 20 балів: 12 балів – виконання роботи (оформлення, розрахунки тощо) і 8 балів – захист.

## 3. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

### 3.1. Система контролю знань та вмінь студента

Контроль знань та вмінь студентів, що навчаються за заочною формою, здійснюється за допомогою системи контролюючих заходів. Вони складаються з заходів *поточного* та *підсумкового* контролю.

**Поточний контроль** здійснюється впродовж навчального семестру (року) та включає рубіжний контроль та перевірку контрольної роботи, яка є результатом самостійної роботи студента під час вивчення навчальної дисципліни поза межами університету.

**Підсумковий контроль** здійснюється під час заліково-екзаменаційної сесії та має на меті встановлення рівня знань та вмінь, які опанував студент після вивчення навчальної дисципліни. Форма підсумкового контролю

з дисципліни «Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методи контролю» – іспит.

### 3.2 Термін виконання та максимальна оцінка рубіжного контролю

№ п/п	Назва теми	Термін виконання	Оцінка, бал
1	Системний аналіз в моделюванні забруднення навколишнього середовища	01.09...25.09	6
2	Моделювання антропогенного впливу на ґрунти	26.09...20.10	6
3	Моделювання продуктивності, екологічної чистоти та якості сільськогосподарських культур	21.10...15.11	6
4	Моделювання міграції радіонуклідів в агроценозах	16.11...11.12	6
5	Методи контролю забруднення ґрунтово-рослинного покриву	12.12...27.12	6

### 3.3 Методика проведення підсумкового контролю

#### 3.3.1 Накопичувальний підсумковий контроль

**Накопичувальний підсумковий контроль** в університеті проводиться на основі накопиченої (інтегральної) суми балів, яку отримав студент по підсумках поточного контролю та підсумкового контролю (екзамен).

Накопичена підсумкова оцінка (ПО) засвоєння студентом навчальної дисципліни складається з:

- оцінювання самостійної роботи студента у міжсесійний період. ОМ – оцінка міжсесійна (максимально можлива): контрольна робота 30 балів, курсовий проект – 20 балів;
- системи оцінювання СРС при проведенні аудиторних занять за дисципліною під час заліково-екзаменаційної сесії. ОЗЕ – оцінка

- сесійна (максимально можлива): виконання практичних робіт №1 і №2 – 20 балів; захист – 30 балів.
- оцінювання заходу підсумкового контролю, який виконується в період заліково-екзаменаційної сесії (ОПК – екзамен – 100 балів).

### 3.3.2 Накопичувальний підсумковий контроль

**Накопичувальний підсумковий контроль (ПО)** передбачає дві форми оцінювання успішності засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни:

- кількісна оцінка (бал успішності);
- якісна оцінка.

**Кількісна оцінка (бал успішності)** – це відсоток, який становить інтегральна сума балів, отриманих студентом на контролюючих заходах, по відношенню до максимально можливої суми балів, що встановлена робочою програмою дисципліни.

**Якісна оцінка** – це оцінка, яка виставляється на підставі кількісної оцінки (бал успішності) за будь-якою якісною шкалою. На цей час в університеті використовуються такі шкали якісних оцінок:

- **чотирьохбальна** (відмінно, добре, задовільно, незадовільно) – для форми семестрового (річного) контролю у вигляді семестрового (річного) екзамену;
- **двобальна** (зараховано, не зараховано) – для форми семестрового (річного) контролю у вигляді семестрового (річного) заліку.
- **семибальна** шкала оцінювання ECTS – використовується при кредитно-модульній системі організації навчального процесу як для семестрового екзамену, так й для семестрового заліку.

Перехід від кількісної оцінки до якісної оцінки здійснюється відповідно до таблиць:

<b>Інтегральна сума балів</b>	<b>Якісна оцінка з екзамену</b>	<b>Якісна оцінка з заліку</b>
< 60% від максимальної суми	незадовільно	незараховано
60-73,9% від максимальної суми	задовільно	зараховано
74-89,9% від максимальної суми	добре	
90-100% від максимальної суми	відмінно	



Оцінка за шкалою ECTS виставляється відповідно наведеної таблиці:

Сума балів	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		екзамен	залік
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	задовільно	не зараховано
35-59	FX	незадовільно	
1-34	F		

3.3.3 Студент вважається допущеним до підсумкового контролю (ОПК), якщо він виконав всі види робіт поточного контролю (ОМ+ОЗЕ), передбачені робочою навчальною програмою дисципліни і набрав за накопичувальною системою не менше 60 балів, в т.ч. захистив курсовий проект.

3.3.4 Підсумковий контроль (ОПК) здійснюється під час екзамену, який організовується та оцінюються згідно «Інструкції про порядок проведення та критерії оцінювання відповідей студентів ОДЕКУ під час письмових екзаменів» (від 11.10.2010 р.). Екзаменаційний білет у формі тестів складається з 20-ти питань, в які входять теми теоретичного матеріалу для самостійної роботи студентів.

Оцінки підсумкового контролю виставляються викладачем в «Інтегральній відомості оцінки знань студентів» у вигляді кількісної оцінки (бала успішності).

### 3.4 Накопичена підсумкова оцінка

Накопичена підсумкова оцінка (ПО) засвоєння студентом заочної форми навчання навчальної дисципліни розраховується

$$ПО = 0,5 \text{ ОПК} + 0,25 \times \text{ОЗЕ} + 0,25 \times \text{ОМ} \quad (1)$$

де ОПК – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходу підсумкового контролю

ОЗЕ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС під час проведення аудиторних занять;

ОМ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС у міжсесійний період.

## ЗМІСТ

	Стр.
1 Загальна частина.....	3
1.1 Передмова.....	3
1.2 Зміст дисципліни "Моделювання антропогенного забруднення ґрунтів та методі контролю" .....	4
1.3 Перелік навчальної літератури.....	6
1.4 Перелік знань та вмінь студента.....	7
1.5 Перелік завдань на самостійну роботу.....	8
2 Організація самостійної роботи студента.....	9
2.1 Загальні рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу.....	9

2.2	Теми теоретичного матеріалу для самостійної роботи студентів.....	9
	Тема1.....	9
	Тема2.....	10
	Тема3.....	13
	Тема4.....	15
	Тема5.....	16
2.3	Перелік завдань на контрольну роботу.....	18
	2.3.1 Загальні поради по виконанню контрольної роботи...	18
	2.3.2 Перелік питань контрольної роботи.....	
	2.4 Методичні рекомендації по виконанню курсового проекту	21
3	Організація контролю знань та вмінь студента.....	22
	3.1 Система контролю знань та вмінь студента.....	22
	3.2 Термін виконання рубіжного контролю.....	22
	3.3 Методика проведення підсумкового контролю.....	23
	3.3.1 Накопичувальний підсумковий контроль.....	23
	3.3.2 Накопичувальний підсумковий контроль.....	23
	3.3.3 Критерії допуску студента до підсумкового контролю.....	24
	3.4 Накопичена підсумкова оцінка .....	25

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до вивчення дисципліни

**«МОДЕЛЮВАННЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ  
ГРУНТІВ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ»**

і виконання контрольної роботи  
для студентів заочної форми навчання  
за спеціальністю «Прикладна екологія та збалансоване  
природокористування», спеціалізація – Агроекологія, рівень підготовки -  
7.04010602 - спеціаліст, 8.04010602-магістр.

Укладач: к. геогр. н., доцент Жигайло О. Л.

Підп. до друку                      Формат 60x84/16 Папір офс.  
Умовн. друк. арк.                      Тираж                      Зам. №  
Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---