

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до СРС з дисципліни „ Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб ”

Спеціальність - 8. 04010505 «Агрометеорологія»  
Спеціальність – 8.04010602 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування», спеціалізація - Агроекологія

Методичні вказівки до СРС з дисципліни „Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб”. Для спеціалістів і магістрів спеціальності 7(8).04010505, «Агрометеорологія» та 8.04010602 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування», спеціалізація – Агроекологія. Укладач // к.геогр.н., доц. Свидерська С.М., – Одеса, ОДЕКУ, 2015. – 24 с.

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Дисципліна «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб» належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності - 7(8).04010505 «Агрометеорологія» та спеціальності -8.04010602 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування», спеціалізація – агроекологія. Метою курсу «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб» є освоєння основних принципів моделювання розвитку популяцій хвороб та шкідників на основі вивчення їх біологічних особливостей.

Задача дисципліни – навчити студентів проводити дослідження динаміки популяцій хвороб та шкідників з метою прогнозування їх впливу на агрофітоценози.

Загальний обсяг часу на вивчення дисципліни визначається навчальними планами підготовки спеціалістів, магістрів – агрометеорологів, та магістрів-агроекологів.

Серед головних задач дисципліни наступні:

- вивчення методів математичного моделювання розвитку хвороб та шкідників сільськогосподарських культур а також шкоди, яку вони спричиняють;

- вивчення основних принципів моделювання розвитку популяцій хвороб та шкідників на основі вивчення їх біологічних особливостей;

- проводити дослідження динаміки популяцій хвороб та шкідників за допомогою математичного моделювання на ЕОМ;

- давати прогноз розвитку популяцій залежно від очікуваних агрометеорологічних умов.

Вивчення дисципліни базується на засадах інтеграції теоретичних і практичних знань, отриманих студентами при вивченні загально - освітніх фундаментальних дисциплін (вища математика, фізика, екологія, ґрунтознавство, біологія) та професійно-орієнтованих дисциплін (фізика атмосфери, сільськогосподарська метеорологія, кліматологія, синоптична метеорологія, землеробство та рослинництво, методи обробки та аналізу інформації та ін.).

Після вивчення дисципліни студент повинен оволодіти **знаннями**:

- методів математичного моделювання розвитку хвороб та шкідників сільськогосподарських культур а також шкоди, яку вони спричиняють;

- основних принципів моделювання розвитку популяцій хвороб та шкідників на основі вивчення їх біологічних особливостей.

Після вивчення дисципліни студент повинен вміти:

- проводити дослідження динаміки популяцій хвороб та шкідників за допомогою математичного моделювання на ЕОМ;

- навести прогноз розвитку хвороб та шкідників сільськогосподарських культур з метою завчасного проведення необхідних заходів щодо попередження масового розвитку популяцій шкідників;

- давати прогноз розвитку популяції залежно від очікуваних агрометеорологічних умов.

*Після вивчення дисципліни студент повинен **набути компетенції:***

- готовність знайти оптимальні рішення при створенні агрометеорологічних продуктів з урахуванням вимог якості і вартості, а також строків виконання, безпеки життєдіяльності та екологічної чистоти;

- навички отримання, збереження, обробки, поширення професійної та науково-технічної інформації;

- знання про прикладну сільськогосподарську метеорологію як комплексну науку, яка вирішує проблеми впливу гідрометеорологічних явищ на темпи росту та розвитку сільськогосподарських культур і економіку сільськогосподарського виробництва та мінімізації антропогенного впливу та відновлення порушених природних екосистем;

- розуміння впливу погоди та клімату на життя, суспільство, об'єкти сільськогосподарського виробництва і навколишнє середовище в цілому;

- знання і уміння застосовувати методи і технології аналізу стану навколишнього середовища, прогнозування його та впливу на об'єкти сільськогосподарського виробництва;

- уміння складати, доводити до споживачів прогнози стану сільськогосподарських об'єктів і поширювати спеціальні прогнози для користувачів, включаючи попередження про небезпечні явища;

- знання технологій прогнозування, заснованих на емпіричних, та статистичних методах і на методах із застосуванням математичних моделей;

- уміння оцінювати ризик, пов'язаний з використанням споживачем агрометеорологічної інформації та прогнозів;

- здатність до професійної експлуатації сучасного гідрометеорологічного обладнання та приладів;

- здатність дослідження причин помилок і низької виправданості агрометеорологічних прогнозів, розробка пропозицій з їх попередження та усунення.

Вивчення дисципліни «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб» проводиться на 1 і 2 курсі навчання спеціалістів і магістрів агрометеорологів і передбачає лекційні та практичні заняття.

Кількість навчальних годин визначається освітньо-професійною і освітньо-кваліфікаційною характеристикою.

Мета даних методичних вказівок полягає в наданні допомоги студентам при самостійному вивченні дисципліни «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб». В них надається перелік тем теоретичного та 1 з

розділів практичного курсу. В практичній частині надана практична робота, що виноситься на самостійну роботу на тему «Прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних строків проведення хімічної обробки картоплі». До кожної теми надається перелік основних питань до вивчення, навчальної літератури і контрольні запитання для перевірки якості засвоєння матеріалу.

## **1.1 Передмова**

Усі сільськогосподарські рослини пошкоджують багато видів комах, гризунів, моллюсків та ін. Найбільшої шкоди завдають комахи, які складають основну масу шкідників, відзначаються великою плодючістю, пересуванням на значні відстані та заселенням великих площ. Основні чинники зовнішнього середовища, які визначають стан і розмноження шкідників, а також ефективність боротьби з ними – це агрометеорологічні умови (температура та вологість повітря та ґрунту, інтенсивність і спектральний склад світла, довжина світлового дня у різні періоди їхнього розвитку).

Втрати урожаю від шкідників і хвороб повсюдні і значні. В багатьох роботах, присвячених вивченню методів боротьби з шкідниками і хворобами рослин, надається увага моделюванню динаміки популяцій відповідних організмів, проте, при цьому процеси зростання і розвитку самих рослин залишаються за межами таких досліджень. Щоб правильно оцінити нанесений посівам збиток, необхідно стикувати моделі хвороб і шкідників і моделі зростання сільськогосподарських культур.

В динамічних моделях формування урожаю цей важливий аспект дотепер не розглядався.

## **1.2 Зміст дисципліни «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб»**

### 1.2.1 Теоретична частина

№	Найменування теми, її зміст
1	<p style="text-align: center;"><b>Вступ</b></p> <p>Предмет, мета та завдання моделювання розвитку хвороб та шкідників. Історію розвитку дисципліни. Етапи розвитку дисципліни, її основні задачі. Основні напрями досліджень дисципліни. Біологічні аспекти моделювання розвитку шкідливих популяцій. Історію розвитку, методи та завдання сільськогосподарської фітопатології.</p>
2	<p style="text-align: center;"><b>Тема 1. Методи моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів</b></p> <p>Концепції моделювання шкідливих популяцій. Методи моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів. Концепції моделювання шкідливих популяцій. Моделювання розвитку хвороб сільськогосподарських культур. Моделювання розвитку шкідників сільськогосподарських культур. Моделі «хижак-жертва» без вікової структури.</p>
3	<p style="text-align: center;"><b>Тема 2. Моделювання розвитку популяції колорадського жука і його впливу на продуктивність рослин</b></p> <p>Концепції моделювання розвитку популяції колорадського жука і його впливу на продуктивність картоплі. Методи моделювання розвитку популяції колорадського жука і його впливу на продуктивність картоплі. Моделювання виходу з ґрунту жуків, які перезимували. Моделювання періоду від виходу жуків з ґрунту до початку відкладання яєць.</p>
4	<p style="text-align: center;"><b>Тема 3. Агрометеорологічна оцінка умов розвитку шкідників сільськогосподарських культур</b></p> <p>Основні фази і періоди розвитку колорадського жука. Метод прогнозу появи і розвитку колорадського жука. Залежність тривалості досягання колорадських жуків, що перезимували від температури повітря. Строки виходу колорадського жука з ґрунту. Тривалість розвитку колорадського жука в залежності від температури повітря. Залежність тривалості досягання жуків літньої генерації від температури повітря та довжини дня.</p>

<b>5</b>	<p style="text-align: center;"><b>Тема 4. Моделювання впливу різних строків виникнення фітофтори на врожайність картоплі.</b></p> <p>Модель впливу різних строків виникнення фітофтори на формування врожайності картоплі. Основні фактори, від яких залежить характер шкідливості фітофтори та величина втрат врожаю картоплі. Оцінка впливу різних строків виникнення фітофтори на формування врожаю картоплі.</p>
<b>6</b>	<p style="text-align: center;"><b>Тема 5. Агрометеорологічна оцінка умов розвитку фітофтори</b></p> <p>Вплив агрометеорологічних умов на розвиток фітофтори. Сприятливі умови для розвитку фітофтори. Виникнення захворювання рослин та ступінь шкідливості захворювання. Комплекс прийомів для боротьби з фітофторою.</p>

### 1.2.2 Практична частина

№	Тема практичної роботи, що вноситься на СРС
<b>1</b>	Прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних строків проведення хімічного обробітку картоплі.

### 1.3 Перелік знань та вмінь студента

Після вивчення дисципліни студенти повинні:

**Знати:**

- основні положення розвитку хвороб та шкідників;
- етапи розвитку дисципліни, її основні задачі та основні напрями досліджень дисципліни;
- біологічні аспекти моделювання розвитку шкідливих популяцій;
- концепції моделювання шкідливих популяцій;
- методи моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів;
- моделювання розвитку хвороб сільськогосподарських культур;
- концепції моделювання розвитку популяції колорадського жука і його впливу на продуктивність картоплі;
- методи моделювання розвитку популяції колорадського жука і його впливу на продуктивність картоплі;
- основні фази і періоди розвитку колорадського жука;
- строки виходу колорадського жука з ґрунту;
- основні фактори, від яких залежить характер шкідливості фітофтори та величина втрат врожаю картоплі;
- вплив агрометеорологічних умов на розвиток фітофтори;

- сприятливі умови для розвитку фітофтори;
- комплекс прийомів для боротьби з фітофторою.

#### **Вміти:**

- користуватися методами моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів;
- користуватися методами моделювання розвитку популяції колорадського жука і його впливу на продуктивність картоплі;
- користуватися методами моделювання впливу різних строків виникнення фітофтори на формування врожайності картоплі;
- розраховувати прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних строків проведення хімічного обробітку картоплі.

### **1.4 Перелік завдань на самостійну роботу**

#### **Теоретична частина**

№ п/п	Теми лекційного курсу та практична робота	Кількість годин СРС			Контролюючі заходи
		спеціаліст	магістр 5 курс	магістр 6 курс	
1	Вступ	5	10	2	
2	Тема 1	5	10	5	
3	Тема 2	5	20	5	
4	Тема 3	5	20	5	
5	Тема 4	5	20	5	
6	Тема 5	5	20	5	
7	Практична робота	9	11	10	
8	Всього	39 г.	111 г.	37 г.	Перевірка КР

### **1.5. Організація навчального процесу студента**



Вивчення дисципліни «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб» для спеціалістів і магістрів 1 курсу навчання спеціальності «Агрометеорологія» та магістрів 2 курсу навчання спеціальності «Агроекологія» передбачає лекційні та практичні заняття.

З метою контролю поточних знань для спеціалістів складено 2 модульних завдання з теоретичної частини і 2 модулі з практичної частини. Для магістрів 1 та 2 курсу навчання складено 3 модульних завдання з теоретичної частини і 2 модулі з практичної частини. Після вивчення дисципліни «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб» спеціалісти складають залік, магістри 1 курсу навчання складають іспит, магістри 2 курсу навчання складають залік.

Методика модульного контролю з дисципліни «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб» розроблена у відповідності до положення про модульну систему організації навчання та контролю знань студентів. В основі методики лежить розподіл програми навчального курсу на окремі логічно пов'язані блоки-модулі з оцінкою засвоєння студентами знань та вмінь по цих модулях.

Впродовж вивчення дисципліни «Моделювання продуктивності агрофітоценозів та впливу агрометеорологічних умов на розвиток шкідників та хвороб» студенти виконують контрольні роботи. Контроль самостійної роботи студента здійснюється шляхом перевірки контрольних робіт. Обсяги вивчення окремих розділів і тем визначаються робочою навчальною програмою, яка розроблена на підставі навчальної програми.

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

## 2.1. Рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу

### 2.1.1 Загальні поради

Рекомендується наступний порядок вивчення дисципліни:

- зміст кожної теми курсу вивчається за допомогою наведеного у переліку навчальної та методичної літератури (як основне джерело слід використовувати посібник А.М. Польового у списку основної літератури під номером 2; як додаткову літературу можна порадити решту списку, а також іншу навчальну літературу);
- після засвоєння змісту кожної теми курсу треба відповісти на «Запитання для самоперевірки», що наведені у даних методичних вказівках наприкінці кожної теми;
- якщо виникли питання при вивченні теоретичного матеріалу або при виконанні практичної роботи, то потрібно звернутись до викладача, який читав лекції.

### 2.1.2 Рекомендації до вивчення 1-ої теми «Методи моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів»

Перша тема (глава 23 із [2] основної літератури) формує у студентів уявлення про методи моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів.

При вивченні першої теми необхідно звернути увагу на такі базові знання та вміння:

- вплив факторів зовнішнього середовища на розвиток та розмноження шкідників сільськогосподарських культур (гл. 23 із [2] основної літератури);
- концепції моделювання шкідливих популяцій (гл. 23 із [2] основної літератури);
- методи моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів (гл. 23 із [2] основної літератури);
- методи моделювання розвитку хвороб сільськогосподарських культур (гл. 23 із [2] основної літератури);
- моделі «хижак-жертва» без вікової структури. (гл. 9 із [7] додаткової літератури).

Перевірка якості засвоєних знань та вмінь при вивченні першої теми здійснюється за допомогою наведених нижче запитань для самоперевірки.

1. Охарактеризувати предмет та методи, структуру та функції дисципліни.
2. Назвати мету і завдання дисципліни.

3. Які фактори зовнішнього середовища впливають на розвиток та розмноження шкідників сільськогосподарських культур?
4. Назвати концепції моделювання шкідливих популяцій.
5. Які відомі методи моделювання розвитку популяцій шкідливих організмів?
6. Які відомі методи моделювання розвитку хвороб сільськогосподарських культур?
7. Які відомі різні підходи для будування моделі «хижак-жертва»?

### 2.1.3 Рекомендації до вивчення 2-ої теми «Моделювання розвитку популяції колорадського жука і його впливу на продуктивність рослин»

В другій темі ([1] основної літератури, глава 2 викладається процес розробки моделей розвитку шкідників. Процес розробки моделей розвитку шкідників можна виділити за аналогією з моделями, що описують вплив гідрометеорологічних умов на продуктивність сільськогосподарських культур, три етапи. Перший етап - описовий. На цьому етапі для встановлення зв'язку між шкідником і факторами середовища відбувається накопичення фактичного матеріалу про особливості їх взаємодії, диференціація теорій, що використовуються для пояснення динаміки популяцій. На другому етапі основна увага приділяється пошуку прямих емпіричних зв'язків між входом і виходом системи шкідник - середовище проживання. У цьому напрямку протягом останніх-20 років найбільш послідовно ведуться дослідження. Як показники, що характеризують шкідника, при такому підході використовуються статистичні дані заселеності шкідниками сільськогосподарських угідь, обробок, чисельності шкідника на певній фазі розвитку. Стан довкілля виявляється у вигляді місячних, рідше декадних значень метеорологічних величин за попередній та поточний роки. Теоретичною базою моделей, що розробляються на третьому етапі досліджень, є розвинені в математичній екології уявлення про популяції - елементарні структурні одиниці екосистем в динамічних системах, що розвиваються під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. При цьому під внутрішніми факторами розуміється фізіологічна конституція, спадково закріплена у виду, а під зовнішніми весь комплекс біологічних і абіотичних чинників, які грають для нього роль умов життя.

При вивченні другої теми необхідно звернути увагу на такі базові знання та вміння:

- процес розробки моделей розвитку шкідників (гл. 2 із [1] основної літератури);
- етапи, що описують вплив гідрометеорологічних умов на продуктивність сільськогосподарських культур (гл. 2 із [1] основної літератури);

- теоретичною базою моделей є розвинені в математичній екології уявлення про популяції - елементарні структурні одиниці екосистем в динамічних системах, що розвиваються під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів (гл. 2 із [1] основної літератури);
- основним інструментом дослідження динаміки розвитку популяцій є математичні моделі (гл. 2 із [1] основної літератури);
- два аспекти, які у задачах моделювання зазвичай присутні (гл. 2 із [1] основної літератури).

Перевірка якості засвоєних знань та вмій при вивченні другої теми здійснюється за допомогою наведених нижче запитань для самоперевірки.

1. Як відбувається процес розробки моделей розвитку шкідників?
2. Скільки існує етапів, що описують вплив гідрометеорологічних умов на продуктивність сільськогосподарських культур?
3. Назвіть внутрішні і зовнішні факти, які впливають на розвиток елементарних структурних одиниць екосистем в динамічних системах?
4. Принципи побудови математичних моделей.
5. Назвіть два аспекти, які у задачах моделювання зазвичай присутні.

#### 2.1.4 Рекомендації до вивчення 3-ої теми «Агрометеорологічна оцінка умов розвитку шкідників сільськогосподарських культур»

В третій темі (глава 1 із [1] основної літератури) викладаються питання про основні фази і періоди розвитку колорадського жука. Як показали спеціальні дослідження, основна маса жуків виходить в порівняно стислі терміни. Зв'язаний аналіз динаміки виходу жуків з ґрунту і ходу середньодобових температур повітря дозволяє встановити, що початок стійкого виходу співпадає зі встановленням середньодобової температури повітря, близької до 10 °С. Таким чином, для визначення початку весняного виходу жуків з ґрунту може використовуватися дата стійкого переходу середньодобової температури через 10 °С, яка встановлюється загальноприйнятим способом - по сумі позитивних і негативних відхилень.

При зимівлі шкідника найбільш сприятливі умови будуть складатися в легких за механічним складом ґрунтах. У цих умовах загибель особин буде найменшою. Для важких ґрунтів характерна більш висока загибель жуків за період зимівлі.

При вивченні третьої теми необхідно звернути увагу на такі базові знання та вміння:

- основні фази і періоди розвитку колорадського жука (гл.1 із [1] основної літератури);

- масовий вихід колорадського жука з ґрунту (гл.1 із [1] основної літератури);
- початок стійкого виходу колорадського жука з ґрунту (гл.1 із [1] основної літератури);
- дата стійкого переходу середньодобової температури через 10 °С (гл.1 із [1] основної літератури);
- зимівля шкідника проходить в легких за механічним складом ґрунтах (гл.1 із [1] основної літератури);
- висока загибель жуків за період зимівлі характерна для важких ґрунтів (гл.1 із [1] основної літератури).

Перевірка якості засвоєних знань та вмінь при вивченні третьої теми здійснюється за допомогою наведених нижче запитань для самоперевірки.

1. Які основні фази розвитку колорадського жука?
2. Які основні періоди розвитку колорадського жука?
3. При яких умовах відбувається масовий вихід колорадського жука з ґрунту?
4. Як визначається початок стійкого виходу колорадського жука з ґрунту?
5. В яких ґрунтах за механічним складом проходить зимівля колорадського жука?
6. В яких ґрунтах за механічним складом відбувається висока загибель жуків за період зимівлі?

#### 2.1.5 Рекомендації до вивчення 4-ої теми «Моделювання впливу різних строків виникнення фітофтори на врожайність картоплі»

В четвертій темі (глава 23 із [2] основної літератури) викладаються питання про основні фактори, від яких залежить характер шкідливості фітофтори та величина втрат врожаю картоплі. Підвищення врожайності картоплі неможливо без зниження втрат врожаю, що викликаються різними хворобами та шкідниками. Для успішної боротьби з хворобами, в першу чергу фітофторозом, необхідно мати відповідний прогноз. Першу модель для прогнозу фітофторозу запропонував Вагонер. Модель дозволяє визначити тенденцію розвитку цього захворювання в різних погодних умовах. При оцінці моделей головним чинником є не ступінь складності та кількість параметрів, включених в розгляд, а ступінь адекватності моделі для вирішення поставленого завдання в конкретних умовах зовнішнього середовища. Адекватність нескладних моделей багато в чому залежить від знання автором досліджуваного об'єкта в контексті своєї конкретної задачі.

При вивченні четвертої теми необхідно звернути увагу на такі базові знання та вміння:

- модель впливу різних строків виникнення фітофтори на формування врожайності картоплі (гл.23 із [2] основної літератури);
- основні фактори, від яких залежить характер шкідливості фітофтори та величина втрат врожаю картоплі (гл.23 із [2] основної літератури);
- оцінка впливу різних строків виникнення фітофтори на формування врожаю картоплі (гл.23 із [2] основної літератури);
- модель Вагонера для прогнозу фітофторозу (гл.23 із [2] основної літератури);
- параметри моделі впливу різних строків виникнення фітофтори на формування врожайності картоплі (гл.23 із [2] основної літератури).

Перевірка якості засвоєних знань та вмінь при вивченні четвертої теми здійснюється за допомогою наведених нижче запитань для самоперевірки.

1. Які основні фактори, від яких залежить характер шкідливості фітофтори та величина втрат врожаю картоплі?
2. Як відбувається оцінка впливу різних строків виникнення фітофтори на формування врожаю картоплі?
3. Які строки фітофторозу менш згубні для формування врожаю картоплі, а які більш згубні?
4. В чому сутність моделі Вагонера?
5. Які параметри блоку розвитку фітофтори?

#### 2.1.6 Рекомендації до вивчення 5-ої теми «Агрометеорологічна оцінка умов розвитку фітофтори»

В п'ятій темі (глава 23 із [2] основної літератури) викладаються питання про вплив агрометеорологічних умов на розвиток фітофтори. Початок появи фітофтори на ранніх сортах картоплі, слід очікувати через 7-10 днів після того, як в кожен з цих днів спостерігалася, середня добова температура повітря близько 13-20 °С при відносній вологості повітря більше 75 % і сумі опадів за декаду більше 20 мм. Виділено чотири зони з тим або іншим ступенем ймовірності поширення хвороби. 1. Посушлива, помірно спекотна зона з недостатньо сприятливими умовами при бульбоутворенні картоплі (температура повітря 19-22 °С, опади переважно 60-80 мм, ГТК 0,7-1,0); ймовірність поширення фітофтори менше 10-15 %. 2. Недостатньо волога, дуже тепла зона з задовільними умовами при бульбоутворенні картоплі (температура повітря 16-19 °С на півночі і трохи вище на південному заході, опади переважно 70-80 мм і трохи вище на південному заході, ГТК - 1,0 - 1,5); ймовірність поширення фітофтори 15-50 %. 3. Помірно волога зона з сприятливими умовами при бульбоутворенні картоплі; зона підрозділяється на дві підзони: а) помірно волога, тепла (температура 15-18,5 °С, опади 80-

120 мм, ГТК -1,5-1,8); ймовірність поширення фітофтори 50-75 %; б) помірно волога прохолодна (температура 12-15 °С, опади 70-105 мм, ГТК -1,5-1,8); ймовірність поширення фітофтори до 50 % і більше. 4. Волога, помірно тепла зона з цілком сприятливими умовами при бульбоутворенні картоплі (температура 16-17 °С, опадів більше 120 мм, ГТК більше 1,8); ймовірність поширення фітофтори більше 75 %.

При вивченні п'ятої теми необхідно звернути увагу на такі базові знання та вміння:

- вплив агрометеорологічних умов на розвиток фітофтори (гл.23 із [2] основної літератури);
- початок появи фітофтори на ранніх сортах картоплі (гл.23 із [2] основної літератури);
- фактори зовнішнього середовища, які впливають на розвиток фітофтори (гл.23 із [2] основної літератури);
- чотири зони з тим або іншим ступенем ймовірності поширення хвороби (гл.23 із [2] основної літератури).

Перевірка якості засвоєних знань та вмінь при вивченні п'ятої теми здійснюється за допомогою наведених нижче запитань для самоперевірки.

1. Як агрометеорологічні умови впливають на розвиток фітофтори?
2. Коли слід очікувати початок появи фітофтори на ранніх сортах картоплі?
3. При яких кліматичних умовах відбувається розвиток фітофтори на картоплі?
4. Які існують чотири зони з тим або іншим ступенем ймовірності поширення хвороби?
5. Який вигляд має картоплі, яка хвора на фітофтору?

## **2.2 Повчання по СРС при виконанні практичної роботи**

### **2.2.1 Рекомендації до виконання практичної роботи**

Тема: «Прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних строків проведення хімічного обробітку картоплі»

Перед початком практичної роботи необхідно ознайомитись з літературою, яка наведена у п. 1 і 2 додаткової літератури під номером 1 і 4. Отримати у викладача вхідні дані для виконання розрахунків.

Колорадський жук – найнебезпечніший шкідник картоплі та інших пасльонових культур. За вегетаційний період дає 2-4 покоління. Особливо шкідливі дорослі комахи та личинки 3 і 4 поколінь.

Зимує у фазі дорослого жука у ґрунті на глибині 10-50 см. Час виходу навесні дуже розтягнутий. Повний вихід збігається з встановленням середньодобової температури близько 10 °С.

Період від виходу жуків з ґрунту до початку відкладання яєць (період стиглості) визначається з наведеного далі рівняння (2.1) залежно від середньої за цей період температури повітря  $t$  і строків виходу жука з ґрунту (різниця в годинах між максимальною довжиною дня 21 червня та довжиною дня на дату виходу жука з ґрунту  $\Delta\tau$ ):

$$y = 94,6 + 0,221t^2 - 8,738t + 4,15\Delta\tau, S_y = 3,4\text{дня} \quad (2.1)$$

Швидкість розвитку яєць, личинок і лялечок колорадського жука визначається в основному температурою повітря. Найсприятливіша температура для проходження цих фаз розвитку близько 20-26 °С, за якої спостерігається найменша тривалість розвитку покоління – 29 днів.

Було встановлено, що залежність тривалості розвитку яєць, личинок і лялечок і в цілому всього весняного покоління може бути визначена за даними табл. 2.1.

Для стиглості жука літніх поколінь велике значення має не тільки температура повітря, а й тривалість світлого дня  $\tau$ . Для районів, де друге покоління шкідників має господарське значення (південь України, Молдова, Північний Кавказ) для розрахунку дати досягання жуків В.В. Вольвачем запропоновано рівняння:

$$y = 79,9 - 0,46t - 0,062\tau, S_y = 2,3\text{дня} \quad (2.2)$$

Багаторічні спостереження показали, що масовий вихід жуків, що перезимували, збігається з датами першого відкладання яєць. Масове відродження личинок 2 покоління збігається з датою відродження перших личинок 4 покоління. Період від появи перших личинок 3 покоління є найсприятливішим для хімічної обробки посівів.



Важливим показником ступеня сприятливості умов існування і розвитку шкідника є кількість жуків, що відображає протилежні процеси в популяціях (розмноження та загибель особин).

В.В. Вольвач запропонував екологічний коефіцієнт розмноження  $K$ , який відображає зв'язок чисельності колорадського жука з метеорологічними умовами:

$$K = \frac{a \sum_{i=1}^b P_g(x_i) [100 - \mu_1(c_i)] [100 - \mu_2(z_i)]}{100}, \quad (2.3)$$

де  $P_g(x_i)$  - величина продуктивної плідності (сума яєць на одну самку), межі  $a$  та  $b$  - відповідно початок і кінець фази відкладання яєць;

$\mu_1$  - процент загибелі особин за період активної життєдіяльності ( $O_v - J_m$ );

$\mu_2$  - процент загибелі особин за період зимівлі;

$x_i, c_i, z_i$  - характеристики, що відображають вплив метеорологічних умов;

$\lambda$  - статевий індекс, що показує співвідношення статей у популяції.

$$P_g(x_i) = 4,87t + 15,7\tau - 4,771\tau^2 - 1313, \quad (2.4)$$

де  $t$  - температура повітря за  $i$ -ту декаду;

$\tau$  - тривалість дня на початок  $i$ -тої декади.

$$\mu_1 = 34,54 \ln Q + 20 \ln W - 141,0, \quad (2.5)$$

де  $Q$  - осереднена тривалість повної генерації;

$W$  - сума опадів за осереднений період ( $O_v - I_m$ ).

$$\mu_2 = 74 - 5,6(t - 17,3), \quad (2.6)$$

де  $t$  - середня температура періоду додаткового харчування жуків, у межах від 14,0 до 20,5 °С.

Значення  $K=1,0$  вказує на те, що чисельність шкідників не змінилась і залишилась на тому самому рівні. Значення  $K>0$  вказує на сприятливі умови для збільшення чисельності.  $K<0$  вказує на несприятливі умови, які зменшують чисельність жука. Встановлено, що в районах де середнє багаторічне значення  $K=2,2-2,8$ , обсяг необхідних хімічних обробок складає близько 25% посівної площі картоплі.

Таблиця 2.1 - Рівняння зв'язку виду  $y = at^2 - bt + c$  та їх статистичні характеристики для основних фаз і періодів розвитку колорадського жука

Фаза та період розвитку	Коефіцієнти рівняння зв'язку			R	S <sub>y±</sub> дні	Темпе- ра- турна межа
	a	-b	c			
Відкладання яєць O <sub>y</sub>	0,109	-4,92	61,4	0,80	1,9	12-26
Личинки Л	0,135	-6,51	91,8	0,78	2,7	13-25
Лялечки P	0,188	-8,96	117,6	0,95	2,8	13-25
Від відкладання яєць до						
Л <sub>II</sub> (O <sub>V</sub> -Л <sub>II</sub> )	0,171	-7,68	95,3	0,80	2,4	13-25
Л <sub>III</sub> (O <sub>V</sub> -Л <sub>III</sub> )	0,204	-9,09	113,3	0,80	2,7	14-25
Л <sub>IV</sub> (O <sub>V</sub> -Л <sub>IV</sub> )	0,213	-9,77	126,6	0,80	3,1	14-25
P <sub>P</sub> (O <sub>V</sub> -P <sub>P</sub> )	0,470	-20,20	236,8	0,84	3,2	14-25
J <sub>m</sub> (O <sub>V</sub> -J <sub>m</sub> )	0,378	-18,54	253,7	0,92	4,0	14-25

Загибель колорадського жука за період його активної життєдіяльності визначається з рівняння:

$$y = 165 - 36,4x_1 - 32,1x_2 - 1,9x_3 - 11,2 \quad (2.7)$$

де  $y$  – сума ефективних температур, необхідна для початку виходу жуків з ґрунту;

$x_1$  – ГТК періоду закінчення харчування жуків восени попереднього року;

$x_2$  – ГТК періоду лялькування покоління, що перезимувало у поточному році;

$x_3$  – висота снігового покриву у лютому – березні поточного року.

Колорадський жук відомий в багатьох країнах світу як шкідник картоплі та пасльонових культур. На Україні колорадський жук розповсюджений у всіх зонах і наносить значні збитки картоплеводам.

В онтогенезі колорадського жука розрізняють фази жуків ( $J_m$ ), яєць ( $O_v$ ), личинок першого, другого, третього і четвертого віку ( $L_1, L_2, L_3, L_4$ ) і лялечок ( $P$ ). Найбільш шкідливі з них дорослі жуки, личинки третього та четвертого віку. Колорадський жук за один вегетаційний період здатен давати від одного до трьох поколінь.

Таблиця 2.2 - Залежність тривалості досягання жуків, що перезимували (дні), від температури  $t_{cp}$  та показника строку їх виходу  $\Delta\tau$

$\Delta\tau$	$t_{cp}, ^\circ C$
--------------	--------------------

	13	14	15	16	17	18	19	20
0	18	15	13	11	10	9	8	7
0,2	19	16	14	12	11	10	9	8
0,4	20	17	15	13	12	11	10	9
0,6	21	18	16	14	12	11	11	10
0,8	22	19	17	15	13	12	12	11
1,0	23	20	17	16	14	13	12	12
1,2	23	21	18	16	15	14	13	13
1,4	24	21	19	17	16	15	14	14
1,6	25	22	20	18	17	16	15	15
1,8	26	23	21	19	18	17	16	15
2,0	27	24	22	20	18	17	17	16
2,2	28	25	22	21	19	18	17	17
2,4	29	26	23	21	20	19	18	18
2,6	30	27	24	22	21	20	19	19

Метод прогнозу появи і розвитку жука розроблений В.В. Вольвачем. Задача прогнозу термінів розвитку тих фаз колорадського жука, які використовуються в якості індикаторів оптимальних термінів проведення хімічних обробок посівів картоплі, зводиться до встановлення зв'язку між їх тривалістю та метеорологічними факторами. На розвиток жука найбільше впливає температура повітря та ґрунту. Вихід жуків із ґрунту співпадає із встановленням середньої за добу температури повітря біля 10 °С. Таким чином, для визначення появи жуків навесні, необхідно визначити дату стійкого переходу температури повітря через 10 °С.

Дата переходу температури повітря через 10 °С визначається за даними середніх за добу температур за сумами позитивних і негативних відхилень. Також можна визначити дату переходу температури повітря через 10 °С за середніми за декаду температурами повітря графічним методом (рис. 2.1), або за формулами:

для весни

$$S = \frac{(10 - a)}{(e - a)} + 5 \quad (2.8)$$

для осені

$$S = \frac{(e - 10)}{(e - a)} + 5 \quad (2.9)$$

де  $a$  – температура повітря нижче 10 °С;

$v$  – температура повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$ ;

$d$  – кількість днів першої декади.

Визначення дати переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  за допомогою графіка виконується так. Вибираються дві декади з середньою температурою нижче  $10^{\circ}\text{C}$  та вище  $10^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 2.3 - Тривалість розвитку колорадського жука (дні) залежно від температури повітря

Фаза та період розвитку	Температура, $^{\circ}\text{C}$													
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Відкладання яєць $O_v$	18	16	14	12	11	9	8	7	7	6	6	6	6	6
Личинки $L_I - P_P$	-	30	27	25	22	20	18	17	16	15	14	13	13	13
Лялечки $P$	-	33	29	25	22	20	18	16	14	12	11	11	10	11
Від відкладання яєць до $L_{II} (O_v - L_{II})$	-	25	21	19	16	14	10	11	10	10	9	9	10	10
$L_{III} (O_v - L_{III})$	-	-	26	23	20	18	13	14	13	12	12	12	12	13
$L_{IV} (O_v - L_{IV})$	-	-	33	28	25	22	17	18	17	16	15	15	14	15
$L_P (O_v - P_P)$	-	-	41	36	32	28	21	23	21	20	18	18	18	18
$I_m (O_v - I_{mI})$	-	-	69	60	53	48	36	40	36	33	31	30	29	29

Таблиця 2.4 - Залежність тривалості досягання жуків літньої генерації (дні) від температури  $t_{cp}$  та довжини дня  $\tau$

$\tau$	$^{\circ}\text{C}$								
	17	18	19	20	21	22	23	24	25
14,2	19	19	18	18	17	17	17	16	15
14,5	18	18	17	17	16	16	15	15	14
14,8	17	16	16	15	15	14	14	13	13
15,2	15	15	14	14	13	13	13	12	12
15,5	14	14	13	13	12	12	11	11	10
15,8	13	12	12	11	11	10	10	9	9
16,2	12	11	11	10	10	9	9	8	8
16,5	10	10	9	9	8	8	7	7	6
16,8	9	8	8	8	7	7	6	6	6

Ці значення температури наносяться на міліметровий папір, де на осі абсцис відкладаються дати (масштаб вибирається так, щоб 1 мм становив 1 день), а на осі ординат – значення середньої за декаду температури повітря (теж у масштабі  $1^{\circ}\text{C}$  становить 1 день). Потім на графіку на кінець кожної декади

відкладається середнє значення температури повітря. Точки з'єднуються прямою лінією. З ординати точки, яка відповідає значенню температури  $10^{\circ}\text{C}$  проводиться пряма паралельна осі абсцис до перетину з лінією, яка сполучує два значення середньої за декаду температури. З точки перетину на вісь абсцис проводиться перпендикуляр до перетину з нею. У точці перетину і буде дата переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ .

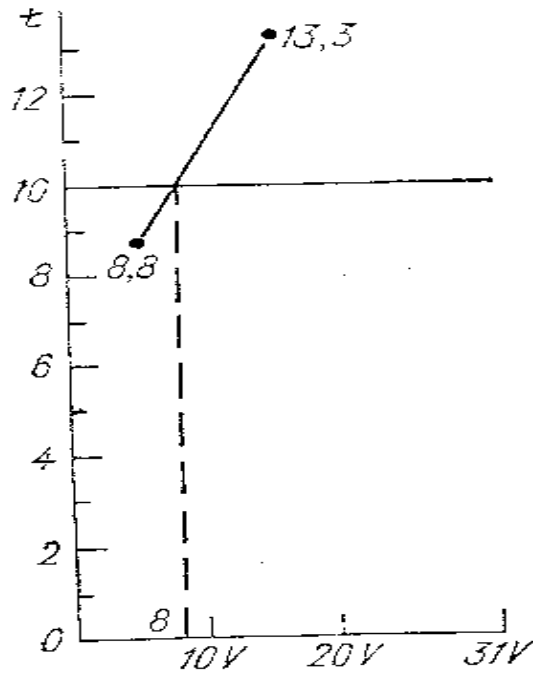


Рис.2.1 – Графічний метод визначення дати переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  за середніми декадними температурами

Для складання прогнозу термінів розвитку шкідника необхідна така інформація:

а – дата стійкого переходу середньої за добу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ ;

б – фактичні середні за добу і середні за декаду значення температури повітря;

в – прогноз температури повітря;

г – середні багаторічні значення температури повітря;

д – дати настання фаз розвитку картоплі;

ж – тривалість дня на широті агрометеорологічної станції.

При виконанні розрахунків спочатку визначається дата переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ . Потім визначається тривалість дня ( $n_1$ ) на дату стійкого переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ . Потім розраховується тривалість дня через 10 діб після переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  ( $n_2$ ). Тривалість дня визначається з таблиць сходу і заходу Сонця. Знаходиться різниця між першою та другою тривалістю дня ( $n_1 - n_2$ ). Після цього розраховується початок яйцекладки першими жуками,

які перезимували. Для цього використовується рівняння (2.2). Для полегшення розрахунків побудована робоча таблиця (2.2).

Визначення термінів хімічної обробки посівів залежить від визначення початку періодів розвитку личинок другого та четвертого віку. Обробка проводиться в період коли у фазах розвитку личинок другого початку розвитку четвертого віку знаходиться найбільша кількість особин.

#### Порядок виконання роботи.

1. Отримати у викладача вхідні дані для виконання розрахунків.
2. Розрахувати дати виходу з ґрунту перших колорадських жуків шляхом визначення дати стійкого переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ , яка встановлюється загально прийнятим способом – за сумою додатних і від’ємних відхилень температури від даної межі, тобто від  $10^{\circ}\text{C}$ .
3. Визначити: а) дати відкладання яєць, появи личинок і лялечок, тривалість міжфазних періодів, використовуючи дані табл. 2.2;2.3.  
Визначення строків розвитку личинок 2 и 3 поколінь слід починати через 5-6 днів після дати початку відкладання яєць. 4 покоління – через 10 днів, якщо рівень температури не нижче  $17^{\circ}\text{C}$ , та після 20 днів, якщо вона нижче цієї межі.  
б) період стиглості жука літньої генерації і дату їх першого відкладання яєць, взяти з табл. 2.4;  
в) дати настання фаз розвитку 2 покоління.
4. Визначити екологічний коефіцієнт розмноження  $K$  за формулою. Плідність жука обчислити подекадно за період від масового відкладання яєць до дати переходу температури повітря через  $12^{\circ}\text{C}$  восени. Сумарна плідність буде декадною сумою відкладених яєць.
5. Загибель колорадського жука за період його активної життєдіяльності визначається з рівняння (2.6). За показник загибелі жука за період зимівлі при розрахунках за середньо багаторічними показниками приймається  $\mu_2 = 60\%$ , що відповідає  $80\%$  забезпеченості його загибелі.
6. Індекс, що відображує відношення кількості самців  $m$  і самок  $f$  у популяції:  $\lambda = f/(m + f)$ ,
7. На підставі виконаної роботи визначити дати та період (у днях) обробки полів.
8. Скласти звіт з обов’язковою оцінкою ступеня сприятливості умов даної місцевості.

#### Контрольні питання

1. Які основні вимоги до умов середовища колорадського жука?
2. Як розрахувати дати виходу колорадських жуків з ґрунту після зимівлі?

3. Що являє собою екологічний коефіцієнт розмноження  $K$  колорадського жука?

### **3. ПЕРЕЛІК НАВЧАЛЬНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

#### **3.1 Література основна**

1. Вольвач В.В. Моделирование влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука. –Л.: Гидрометеиздат, 1987. –С. 240.
2. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. - Санкт-Петербург.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 424.

#### **3.2 Література додаткова**

1. Вольвач В.В. Методическое пособие гидрометстанциям по прогнозированию сроков развития колорадского жука. –М.: Гидрометеиздат, 1975.
2. Дружинина Г.С., Макарова Л.А. Погода и прогноз размножения вредных насекомых. –Л.: Гидрометеиздат, 1972.
3. Подольский А.С. Фенологический прогноз. –М.: Колос, 1974.
4. Прогноз развития вредителей сельскохозяйственных растений / Под ред. проф. И.Я. Полякова. – М.: Колос, 1977.
5. Брежнев А.И., Малинина В.Г. Математическое моделирование экологических взаимодействий в агроэкосистеме картофель-вредитель-среда обитания // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. –Т. 7. –С. 195-208.
6. Пеннинг де Фриз Ф.В.Г., Ван Лаар Х.Х. Моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. –С. 319.
7. Франк Дж., Торнли Дж Х. М. Математические модели в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. –С. 399.