

Міністерство освіти і науки України  
Одеський державний екологічний університет

Методичні вказівки

з дисципліни

**"Екологічні основи землеробства та радіоекології"**  
до практичних та лабораторних робіт

Рівень вищої освіти «бакалавр»  
Спеціальність – **193** "Геодезія та землеустрій"  
Освітня програма – "Землеустрій та кадастр"

Одеса – 2022

Міністерство освіти і науки України  
Одеський державний екологічний університет

Методичні вказівки

з дисципліни

**"Екологічні основи землеробства та радіоекології"**  
до практичних та лабораторних робіт

Рівень вищої освіти «бакалавр»  
Спеціальність – **193** "Геодезія та землеустрій"  
Освітня програма – "Землеустрій та кадастр"

“Затверджено”  
на засіданні групи забезпечення спеціальності  
Протокол № 3 від «15» листопада 2022 року

Одеса – 2022

Методичні вказівки з дисципліни "Екологічні основи землеробства та радіоекології" до практичних та лабораторних робіт за освітньою програмою «Землеустрій та кадастр» для рівня вищої освіти «бакалавр» // Укладач: канд.геогр.наук, доцент Кирнасівська Н.В. Одеса, ОДЕКУ, 2022 р., с. 116, укр. мовою.

## Зміст

	Стр.
Передмова.....	5
1. Практична робота №1 «Оцінка радіаційних ресурсів території з урахуванням мікроклімату».....	7
1.1. Теоретичні основи.....	7
1.2. Практична частина.....	18
2. Практична робота № 2 «Оцінка теплових ресурсів території з урахуванням мікроклімату».....	20
2.1. Теоретичні основи.....	20
2.2. Практична частина.....	27
3. Практична робота № 3 «Оцінка морозостійкості сільськогосподарських культур».....	29
3.1. Теоретичні основи.....	29
3.2. Практична частина.....	35
4. Практична робота № 4 «Розрахунок головних показників агроценозів, що утворилися на полях з посівами різних сільськогосподарських культур».....	37
4.1. Теоретичні основи.....	37
4.2. Практична частина.....	40
5. Практична робота № 5 «Розрахунок дози гною для створення бездефіцитного балансу гумусу в польовій сівозміні».....	44
5.1. Теоретичні основи.....	44
5.2. Практична частина.....	46
6. Практична робота № 6 «Оцінка токсичності пестицидів та їх кумулятивної дії».....	56
6.1. Теоретичні основи.....	56
6.2. Практична частина.....	62
7. Практична робота № 7 «Визначення дози поживної речовини у формі органічних та мінеральних добрив».....	65
7.1. Теоретичні основи.....	65
7.2. Практична частина.....	67
8. Практична робота № 8 «Оцінка екологічної небезпеки нових гербіцидів».....	80
8.1. Теоретичні основи.....	80
8.2. Практична частина.....	82
9. Практична робота № 9 «Наукове обґрунтування застосування хімічних меліорантів».....	84
9.1. Теоретичні основи.....	84

9.2. Практична частина.....	86
10. Лабораторна робота № 1 «Радіаційне забруднення як екологічний фактор».....	88
10.1. Теоретичні основи.....	88
10.2. Практична частина.....	92
11. Лабораторна робота № 2 «Розрахунок коефіцієнтів накопичення радіоактивних речовин з ґрунту різними частинами рослин сільськогосподарських культур».....	95
11.1. Теоретичні основи.....	95
11.2. Практична частина.....	97
12. Лабораторна робота № 3 «Розрахунок прогнозного нагромадження цезію у сільськогосподарській продукції».....	99
12.1. Теоретичні основи.....	99
12.2. Практична частина.....	102
Список літератури.....	104
ДОДАТКИ.....	105

## Передмова

Неодмінною умовою розвитку й оптимізації агропромислового комплексу є його екологізація. Агроекологічні основи землеробства як наука вирішує задачі агроекологічної оцінки сільськогосподарських культур та орних земель, агроекологічної типізації земель, оптимізації агроландшафтів з врахуванням їхньої структурно-функціональної ієрархії і сучасних уявлень агрофітоценології, методи проектування систем землеробства.

Дисципліна «Екологічні основи землеробства та радіоекології» за освітньою програмою «Землеустрій та кадастр» є вибірковою на другому курсі навчання рівня «бакалавр» і передбачає лекційні, практичні та лабораторні заняття.

У системі викладання дисципліни виконання практично-лабораторних робіт сприяє формуванню в студентів відповідних уявлень і на їх основі засвоєнню правильних понять, оскільки практичні завдання органічно поєднуються з лекційним матеріалом та виконуються під безпосереднім контролем і керівництвом викладача.

Дані методичні вказівки включають 12 практично-лабораторних робіт. Тематика робіт тісно пов'язана із теоретичним курсом «Екологічні основи землеробства та радіоекології»:

- оцінка радіаційних ресурсів території з урахуванням мікроклімату;
- оцінка теплових ресурсів території з урахуванням мікроклімату;
- оцінка морозостійкості сільськогосподарських культур;
- розрахунок головних показників агроценозів, що утворилися на полях з посівами різних сільськогосподарських культур;
- розрахунок дози гною для створення бездефіцитного балансу гумусу в польовій сівозміні;
- оцінка токсичності пестицидів та їх кумулятивної дії;
- визначення дози поживної речовини у формі органічних та мінеральних добрив;
- оцінка екологічної небезпеки нових гербіцидів;
- наукове обґрунтування застосування хімічних меліорантів;
- радіаційне забруднення як екологічний фактор;
- розрахунок коефіцієнтів накопичення радіоактивних речовин з ґрунту різними частинами рослин сільськогосподарських культур;
- розрахунок прогнозного нагромадження цезію у сільськогосподарській продукції.

Оволодіння практичними навичками дозволить краще засвоїти матеріал, розібратися в теоретичних питаннях даного курсу. Закріпленню

навчального матеріалу сприятимуть контрольні запитання, що наводяться після кожної роботи.

Після виконання практичних та лабораторних робіт студенти повинні знати:

- теоретичні основи методів розрахунку;
- способи підготовки вхідної інформації для виконання розрахунків;

Після виконання практичних робіт студенти повинні вміти:

- вести підготовку вхідної інформації;
- проводити необхідні розрахунки;
- аналізувати отримані результати;
- надавати рекомендації.

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів практичних модулів полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, створювати аналіз і надавати рекомендації, у повноті відповідей на запитання.

# 1 Практична робота №1 «Оцінка радіаційних ресурсів території з урахуванням мікроклімату»

## 1.1 Теоретичні основи

Сонячна енергія є джерелом енергії для живих організмів на землі. Сонячна радіація забезпечує рослин енергією, яку вона використовує в процесі фотосинтезу для створення органічної речовини, впливає на процеси росту і розвитку, на розташування і побудову листя, на хімічний склад і якість продукції, тривалість вегетації сільськогосподарських культур.

В енергетичному механізмі формування термічного режиму діяльної поверхні і шарів повітря які прилягають, основна роль належить радіаційному балансу ( $R$ ). Він дорівнює різниці сумової радіації, яка поглинається ( $Q$ ) і ефективному випромінюванню ( $E_e$ ):

$$R = (S + D - R_k) - (E_s - \delta E_a) = Q(1 - A) - E_e, \quad (1.1)$$

де  $S$  – пряма сонячна радіація;  $D$  – розсіяна радіація;  $R_k$  – відбита короткохвильова радіація;  $A$  – альbedo підстильної поверхні;  $Q(1 - A)$  – поглинена радіація;  $E_s$  – власне випромінювання підстильної поверхні;  $\delta$  – відносний коефіцієнт поглинання довгохвильової радіації підстильною поверхнею;  $E_\phi$  – зустрічне випромінювання атмосфери.

Закономірність радіаційного балансу визначається різними факторами, які впливають на його основні складові. Будико М.І. вперше встановив тісну залежність між радіаційним балансом за рік і сумою середньодобових температур повітря вище  $10^\circ\text{C}$  і надав, таким чином, фізичне обґрунтування до використання  $\Sigma T_c$  для оцінки теплозабезпеченості рослин. Пізніше Н.І. Гойса, З.А. Міщенко [3] і інші встановили тісну залежність між сумами сумарної сонячної радіації і сумами середньодобових денних температур повітря за теплий період з  $T_c$  і  $T_d$  вище  $10^\circ\text{C}$ . Цими дослідженнями підтверджується основна роль сонячної радіації у формуванні радіаційно-теплових ресурсів на тій чи іншій території.

На ріст, розвиток і формування врожаю культурних рослин впливає тривалість сонячного освітлення, його інтенсивність та спектральний склад. Для фізіологічних процесів, в тому числі фотосинтезу, найбільше значення має короткохвильова радіація (КХР). Променисту енергію, яка поглинається пігментами листя і грає важливу роль в житті рослин, називають фізіологічною радіацією; частина спектру сонячного світла, який бере участь



в фотосинтезі, називають фотосинтетично активною радіацією (ФАР). Величину ФАР звичайно обмежують довжинами хвиль 0,38 – 0,71 мкм.

Величина поглинання ФАР рослинами, а отже рівень врожаю, залежать від багатьох факторів, серед яких велике значення має структура посівів. У незадовільних за структурними особливостями посівів рослини поглинають близько 20 – 25% падаючої на них ФАР, а використовують на фотосинтез лише 1 – 2% цієї величини. Решта поглиненої ФАР, витрачається на нагрівання рослин і пов'язану з цим посилену транспірацію. Посіви, які за структурою близькі до оптимальних, за вегетацію можуть поглинати до 50 – 60% падаючої на них ФАР, але і вони звичайно накопичують у вигляді органічної речовини всього 2 – 3% величини ФАР, яка поглинена.

Окрім реакції рослин на інтенсивність і спектральний склад радіації, рослини реагують також на тривалість освітлення. Реакція рослин на тривалість освітлення одержала назву фотоперіодизму. Це явище було вперше виявлено американськими вченими Гарнером і Аллардом в 1920 році. Слід пам'ятати, що потреба рослин в означеній тривалості освітлення проявляється тільки в стадії розвитку, яка названа Т.Д. Лисенком світловою.

За реакцією на тривалість освітлення рослини діляться на три групи:

- 1) рослини довгого дня, розвиток яких прискорюється на півночі (пшениця, жито, ячмінь, овес, льон і ін.);
- 2) рослини короткого дня, розвиток яких прискорюється при вирощуванні на півдні (просо, соя, конопля, сорго);
- 3) рослини нейтральні, у яких зміна тривалості дня (тривалість освітлення в годинах) не зумовлює помітних змін в розвитку (кукурудза, гречка, боби, квасоля).

Явище фотоперіодизму необхідно враховувати в агрокліматичних дослідженнях. Визначити співвідношення тривалості дня і ночі не важко, оскільки воно залежить від широти місця і пори року. На цей час для більшості сільськогосподарських культур відома поправка на "фотоперіодизм", яка дає змогу врахувати зміну потреби рослин в теплі в залежності від тривалості освітлення [3].

Для сільськогосподарської оцінки клімату і агрокліматичного районування території різного масштабу використовуються такі показники радіаційно-світлових ресурсів:

- тривалість сонячного сьйва за період з температурою повітря вище 10 °C ( $\Sigma S_c$ , години);
- суми прямої сонячної радіації, розраховані за місяць, періодактивної вегетації культури ( $\Sigma S$ );
- суми радіаційного балансу, розраховані за місяць, період

активної вегетації культур ( $\Sigma R$ );

- суми сумарної радіації, розраховані за місяць, період активної вегетації культур ( $\Sigma Q$ );

- суми фотосинтетично-активної радіації, розраховані за місяць, період активної вегетації культур ( $\Sigma Q_{\text{фар}}$ ).

Характеристики сонячної радіації вимірюються в таких одиницях: кВт/(м<sup>2</sup> · хв), МДж/(м<sup>2</sup> · год), МДж/(м<sup>2</sup> · міс), МДж/(м<sup>2</sup> · рік). Перспектива широкого використання  $S$ ,  $Q$ ,  $R$ ,  $Q_{\text{ф}}$  в агрокліматичних розрахунках і при картографуванні агрокліматичних ресурсів на обмежених територіях (адміністративна область, район, окреме господарство) полягає в тому, що ці кліматичні характеристики відрізняються чутливістю до мікроклімату. З їх допомогою можна дати біокліматичне обґрунтування різного поводження сільськогосподарських культур на схилах і оптимізувати їх розміщення на сортовому рівні в конкретній місцевості.

## МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ І ОЦІНКА СУМОВОЇ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ І ФАР ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ

Для фізіологічних процесів і продуктивності культурних рослин найбільше значення має короткохвильова радіація (КХР). Промениста енергія Сонця, або як її називають, сонячна радіація, на шляху від зовнішньої межі атмосфери до земної поверхні зазнає значних змін, які трапляються внаслідок її поглинання і розсіювання. Значна її частина, так названа пряма сонячна радіація, досягає земної поверхні у вигляді паралельного пучка променів, які надходять від Сонця ( $S$ ). Разом з тим деяка частка радіації, розсіяної в атмосфері, надходить до земної поверхні, як розсіяна радіація від усіх точок небозводу ( $D$ ).

Розглянемо існуючі методи розрахунку сумової сонячної радіації і ФАР. Пряма сонячна і розсіяна радіація, які надходять на горизонтальну поверхню (або відкрите рівне місце), в сумі дають сумову короткохвильову радіацію, розраховану за день, місяць, теплий період:

$$\Sigma Q = \Sigma Q_0 (1 - an - bn^2), \quad (1.2)$$

де  $\Sigma Q$  – сума сумової радіації;  $\Sigma S$  – сума прямої сонячної радіації;  $\Sigma D$  – сума розсіяної радіації.

Ці види КХР вимірюються актинометричними приборами на мережі актинометричних станцій. Проте актинометрична мережа станцій в багатьох країнах, в тому числі в Україні, дуже обмежена. Тому при вирішенні різних прикладних задач виникає необхідність одержання інформації про сумову

сонячну радіацію з більш щільної мережі метеорологічних станцій. Для цього застосовують розрахункові формули [3, 4].

Наприклад, формула Т.Г. Берлянда має вигляд

$$\Sigma Q = \Sigma Q_0 (1 - an - bn^2), \quad (1.3)$$

де  $\Sigma Q_0$  – місячна сума сумової радіації при безхмарному небі;  $a, b$  – числові безрозмірні коефіцієнти ( $b = 0,38$ ; значення  $a$  залежить від широти місця, для широт від  $0$  до  $60^\circ$   $a = 0,38 \pm 0,2$ );  $n$  – середнє місячне значення загальної хмарності (частки одиниці).

За цією формулою можна розрахувати значення  $\Sigma Q$ , яка надходить на горизонтальну поверхню для будь-якого пункту на території СНД з погрішністю не більше 10%.

Для розрахунків сум сумової радіації використовуються також дані по дійсній тривалості сонячного сяйва в конкретному пункті або районі. С.І Сивков [3, 4] запропонував уточнену або універсальну формулу В.Н. Українцева виду:

$$\Sigma Q = 49 S_c^{1,31} \cdot 10^{-4} + 10,5 (\sin h_\odot)^{2,1}, \quad (1.4)$$

де  $S_c$  – дійсна тривалість сонячного сяйва за місяць, період (година);  $h_\odot$  – висота Сонця опівдні на середину місяця. Полуденна висота Сонця визначається за формулою

$$h_\odot = 90^\circ - \varphi + \delta_\odot, \quad (1.5)$$

де  $\varphi$  – широта місця;  $\delta_\odot$  – схилення Сонця.

Відхилення розрахованих декадних і місячних  $\Sigma Q$  за окремі роки від вимірних сум сумової радіації до широти  $65^\circ$  звичайно не перевищує 10%.

Згідно досліджень Б.І. Гуляєва, Х. Молдау, Х.Г. Тоомінга в актинокліматологічних розрахунках для умов рівного місця перехід від короткохвильової радіації до ФАР здійснюється за формулами виду:

$$\Sigma S_\phi = \bar{c}_s \cdot \Sigma S \quad (1.6)$$

$$\Sigma D_\phi = \bar{c}_d \cdot \Sigma D \quad (1.7)$$

$$\Sigma Q_\phi = \bar{c}_Q \cdot \Sigma Q \quad (1.8)$$

де  $\Sigma S_\phi, \Sigma D_\phi, \Sigma Q_\phi$  – сума відповідно прямої, розсіяної і сумової ФАР, розраховані за день, декаду, місяць або вегетаційний період;  $\bar{c}_s, \bar{c}_d, \bar{c}_Q$  – середні коефіцієнти переходу від КХР до ФАР.

Розрахунковий і експериментальний методи показали порівняно добру стабільність і географічну універсальність перехідних коефіцієнтів. Можна прийняти  $\bar{c}_s = 0,43$ ;  $\bar{c}_d = 0,57$ . Отже, денні суми ФАР можна розрахувати за формулою

$$\Sigma Q_{\phi} = 0,43\Sigma S + 0,57\Sigma D = 0,5\Sigma Q \quad (1.9)$$

На території України інструментальні спостереження за сумовою радіацією тільки на 17 актинометричних станціях. При вирішенні агроекологічних задач виникає необхідність одержання інформації про сумову і фотосинтетично активну сонячну радіацію по більш густій мережі метеорологічних станцій.

Міщенко З.А. Ляховою С.В. [4] встановленні кількісні залежності між основними показниками радіаційно-світлових ресурсів окремо для весни, літа, осені і в цілому за теплий період з температурою повітря вище 10 °С. Ними розроблено непрямий метод розрахунку сум сумової і фотосинтетично активної радіації за різні періоди активної вегетації культурних рослин, створено спеціальний банк місячних даних з березня по листопад і за теплий період з температурою повітря вище 10 °С за  $\Sigma Q$ ,  $\Sigma Q_{\phi}$ ,  $\Sigma S_c$  для 150 пунктів, які рівномірно освітлюють територію України.

Таблиця 1.1 - Рівняння зв'язку між показниками радіаційно-світлових ресурсів і статистичні параметри до них

Період	Рівняння	r	$\bar{S}_y$
Весна	$\Sigma Q_v = 2,114 \cdot \Sigma S_c - 44,92$	0,97	39,76
Літо	$\Sigma Q_l = 1,678 \cdot \Sigma S_c - 134,92$	0,80	26,58
Осінь	$\Sigma Q_o = 1,927 \cdot \Sigma S_c - 23,88$	0,98	40,39

Як видно із табл. 1.1, коефіцієнти кореляції (r) залишаються у всі сезони високими. Середні помилки рівнянь регресії малі і знаходяться в межах 24 – 40 МДж/м<sup>2</sup>. Отже, можна зробити висновок про достатньо високу точність визначення сум сумової сонячної радіації за тривалістю сонячного саява з використанням відповідних рівнянь або графіків зв'язку між цими показниками.

Для одержання більш повних даних по  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  Міщенко З.А. і Ляхова С.В. [4] запропонували відповідні формули для розрахунку радіаційно-світлових ресурсів. Для України формули мають вигляд:

$$\Sigma Q' = 0,89 \cdot \Sigma T_c + 450,2; \quad (1.10)$$

$$\Sigma Q'_{\phi} = 0,44 \cdot \Sigma T_c + 225,1; \quad (1.11)$$

$$\Sigma S'_c = 0,47 \cdot \Sigma T_c + 30,34. \quad (1.12)$$

Коефіцієнти кореляції між цими показниками складають 0,91 – 0,96. Середні квадратичні помилки коефіцієнтів кореляції не перевищують 0,03 – 0,05, а імовірні помилки малі і складають 0,02 – 0,03.

### МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ДЛЯ СХИЛІВ

Із загальної площі сільськогосподарських угідь на території України землі, що знаходяться на схилах, займають біля 60 %, а в окремих районах перевищують 80%. Тому являє науковий і практичний інтерес розробка методу розрахунків основних характеристик сонячної радіації для схилів різної експозиції і крутості. В основу розрахунків покладено методику К.Я. Кондратьєва [3, 4], яка надає змогу визначити складові радіаційного балансу на схилах в теплу пору року за складовими радіаційного балансу на горизонтальну поверхню. Суть її зводиться до наступного. З усіх складових радіаційного балансу на схилах більш за все змінюється пряма сонячна радіація, яка розраховується по формулі

$$S_c = S \cdot \cos i, \quad (1.13)$$

$$\cos i = \cos \alpha \cdot \sinh_{\Theta} + \sin \alpha \cdot \cosh_{\Theta} \cdot \cos \varphi, \quad (1.14)$$

де  $S_c$  – пряма сонячна радіація на схилі;  $S$  – пряма сонячна радіація для горизонтальної поверхні;  $i$  – кут падіння сонячного проміння;  $\alpha$  – крутість схилу;  $h_{\Theta}$  – висота Сонця;  $\varphi$  – різниця азимутів Сонця і поверхні (проекція нормалі до схилу).

Розсіяну радіацію для схилів з достатньою ступінню точності можна розрахувати за формулою

$$D_c = D \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}, \quad (1.15)$$

де  $D_c$  – розсіяна радіація, яка надходить на схил;  $D$  – розсіяна радіація, яка надходить на горизонтальну поверхню.

Ефективне випромінювання для некрутих схилів визначається за формулою

$$F_c = F \cdot \cos \alpha, \quad (1.16)$$

де  $F_c$  – ефективне випромінювання для схилу;  $F$  – ефективне випромінювання для горизонтальної поверхні.

Таким чином радіаційний баланс для схилів визначається за формулою

$$R_c = (S_c + D_c) \cdot (1 - A) - F_c, \quad (1.17)$$

де  $A$  – альbedo підстильної поверхні, для схилів різних експозицій є таким же, як для рівного місця; сума  $(S_c + D_c)$  представляє собою сумову сонячну радіацію, яка приходить на даний схил.

Денні суми сумової радіації для схилів розраховуються з достатнім ступенем точності за ізотропним наближенням для розсіяної і відображеної радіації за допомогою формули

$$\Sigma Q_c = \Sigma S_c + \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \Sigma D + \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot R_k, \quad (1.18)$$

де  $\Sigma S_c$  – сума прямої сонячної радіації, яка надходить на схил;  $\Sigma D$ ,  $\Sigma R_k$  – відповідно, розсіяна і відображена радіація для горизонтальної поверхні.

Денну суму фотосинтетично активної радіації, яка надходить на різні схили ( $\Sigma Q_{fc}$ ) можна розрахувати за наближеним рівнянням

$$\Sigma Q_{fc} = 0,5 \left( \Sigma S_c + \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \Sigma D + \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot R_k \right), \quad (1.19)$$

Розрахунки характеристик сонячної радіації, яка надходить на схили різної експозиції і крутості по теоретичним формулам (1.13 – 1.19) дуже трудомісткі. Але вони значно спрощуються, якщо використовувати відносні значення радіації, які виражають відношення добової суми радіації, яка надходить до схилу, до добової суми радіації, яка надходить на горизонтальну поверхню. Голубовою Т.А. [3, 4] були визначені перехідні коефіцієнти  $K_S$ ,  $K_R$  для перерозрахунку середніх за місяць добових сум прямої радіації з горизонтальної поверхні на схили північної і південної експозиції крутістю  $10^0$  і  $20^0$  за тепле півріччя з квітня по вересень в діапазоні 38 –  $66^0$  пн.ш. стосовно території СНГ.

За допомогою цих коефіцієнтів, а також за даними довідників з клімату за дійсними середніми добовими сумами прямої радіації і радіаційного

балансу на горизонтальну поверхню можна розрахувати середні денні суми прямої сонячної радіації і радіаційного балансу, які надходять на схили, в будь-якому пункті без проведення спеціальних мікрокліматичних спостережень за такими формулами:

$$\Sigma S_c = \Sigma S \cdot K_s; \quad K_s = \frac{\Sigma S_c}{\Sigma S}, \quad (1.20)$$

$$\Sigma R_c = \Sigma R \cdot K_R; \quad K_R = \frac{\Sigma R_c}{\Sigma R}, \quad (1.21)$$

де  $\Sigma S_c$ ,  $\Sigma R_c$  – місячні суми прямої сонячної радіації і радіаційного балансу на шуканому схилі;  $\Sigma S$ ,  $\Sigma R$  – на горизонтальній поверхні.

Голубовою Т.А., Міщенко З.А. [3, 4] за теоретичною формулою 18 виконані розрахунки денних сум сумової радіації для північних і південних схилів крутості 10, 20° для кожного місяця з квітня по вересень за матеріалами багаторічних спостережень 98 актинометричних станцій, які розташовані в різних районах СНД. Для кожного місяця визначені перехідні коефіцієнти, які являють собою відношення сумової радіації на схилах до суми сумової радіації на горизонтальній поверхні у вигляді:

$$K_Q = \frac{\Sigma Q_c}{\Sigma Q}, \quad (1.22)$$

де  $\Sigma Q_c$  – середні багаторічні значення місячних сум сумової радіації, яка надходить на схили;  $\Sigma Q$  – середні багаторічні значення сум сумової радіації для горизонтальної поверхні.

Встановлено, що перехідні коефіцієнти для розрахунку місячних сум сумової радіації на схилах і місячні суми фотосинтетично активної радіації на схилах близькі між собою, тобто

$$\frac{\Sigma Q_c}{\Sigma Q} = \frac{\Sigma Q_{fc}}{\Sigma Q_{\phi}}. \quad (1.23)$$

Отже агрокліматичні розрахунки сум сумової радіації і сум ФАР на різних схилах заданої крутості можна виконати, використовуючи коефіцієнт відповідно для кожного місяця  $K_Q$  за формулами

$$\Sigma Q_c = \Sigma Q \cdot K_Q; \quad \Sigma Q_{fc} = \Sigma Q_{\phi} \cdot K_Q. \quad (1.24)$$

Пізніше Ляхова С.В. [4] виконали додатково методичні розробки, які дали змогу розрахувати перехідні коефіцієнти  $K_Q$  для північних і південних схилів, а також для західних і східних схилів крутості  $5^0$ ,  $10$ ,  $15$ ,  $20^0$  стосовно територій Молдови і України в межах  $44 - 52^0$  пв.ш. з березня по листопад. Результати цієї роботи не в повному об'ємі представлені в табл.1.2, 1.3. Вона містить значення перехідних коефіцієнтів ( $K_Q$ ), які змінюються в залежності від широти місця і пори року (весна, літо, осінь). Найбільші відмінності спостерігаються в надходженні сумової радіації і ФАР в день на північні і південні схили. У всі пори року південні схили одержують сонячної радіації більше, а північні схили значно менше чим горизонтальна поверхня. Весною відмінності в надходженні сумової радіації і ФАР на схили виражені максимально і досягають на  $45^0$  пн.ш. 20-22%, а на  $60^0$  пн.ш. – 45 – 50%. Восени мікрокліматичні відмінності в надходженні ФАР на північні і південні схили також вельми значні і складають на  $45^0$  пн.ш. 20 – 25%, а на  $60^0$  пн.ш. – 30 – 33%. Під час літнього сонцестояння мікрокліматичні відмінності в надходженні сумової радіації і ФАР вирівнюються і не перевищують 9 – 14%.

Агрокліматична оцінка енергетичних ресурсів в конкретному пункті або місцевості виконується за сумами сумової радіації і ФАР за теплий період з середньою добовою ( $T_c$ ) або середньою денною ( $T_d$ ) температурами повітря вище  $5$ ,  $10$ ,  $15$   $^0C$ , які розраховуються для кожного місцеположення. Для горизонтальної поверхні формула має вигляд

$$\Sigma Q' = (\Sigma Q_{IV} + \Sigma Q_V + \dots + \Sigma Q_X), \quad (1.25)$$

де  $\Sigma Q'$  – сума сумової радіації за теплий період для відкритого рівного місця;  $\Sigma Q_{IV}$ ,  $\Sigma Q_V$  і до  $Q_X$  – місячні суми сумової радіації з квітня по жовтень.

Для схилів конкретної експозиції і крутості розрахунки,  $\Sigma Q'_c$  проводяться аналогічним чином за формулою

$$\Sigma Q'_c = (\Sigma Q_{cIV} + \Sigma Q_{cV} + \dots + \Sigma Q_{cX}). \quad (1.26)$$

За неповні місяці ( на початку і вкінці періоду) суми сумової радіації і суми ФАР підраховуються за відповідним графіком річного ходу цих показників, побудованому для конкретного місцеположення (горизонтальна поверхня, північний схил крутістю  $10^0$ , південний схил крутістю  $10^0$  і т.д.) згідно з формулою



Таблиця 1.2. - Перехідні коефіцієнти ( $K_Q$ ) для розрахунку місячних сум сумової радіації ( $\Sigma Q_c$ ) на північних схилах в Україні

Широта, градус	місяці						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Північний схил $5^0$							
44	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,91
46	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,90
48	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97	0,94	0,89
50	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97	0,94	0,88
52	0,94	0,95	0,98	0,97	0,95	0,92	0,84
Північний схил $10^0$							
44	0,94	0,96	0,96	0,96	0,94	0,89	0,82
46	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89	0,81
48	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88	0,80
50	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88	0,79
52	0,90	0,91	0,94	0,94	0,92	0,87	0,78
Північний схил $15^0$							
44	0,90	0,93	0,94	0,93	0,90	0,82	0,80
46	0,89	0,92	0,94	0,93	0,90	0,82	0,79
48	0,88	0,92	0,94	0,93	0,90	0,81	0,75
50	0,87	0,92	0,93	0,93	0,89	0,80	0,74
52	0,85	0,90	0,92	0,91	0,87	0,78	0,72
Північний схил $20^0$							
44	0,86	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75	0,58
46	0,85	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75	0,56
48	0,84	0,90	0,92	0,90	0,86	0,75	0,56
50	0,82	0,90	0,91	0,90	0,85	0,75	0,56
52	0,78	0,88	0,90	0,88	0,82	0,70	0,54

Таблиця 1.3. - Перехідні коефіцієнти для розрахунку місячних сум сумової радіації ( $\Sigma Q_c$ ) на південних схилах в Україні

Широта, градус	місяці						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Південний схил 5 <sup>0</sup>							
44	1,02	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,08
46	1,03	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,08
48	1,03	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,09
50	1,03	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,09
52	1,04	1,02	1,01	1,01	1,03	1,05	1,10
Південний схил 10 <sup>0</sup>							
44	1,04	1,02	1,00	1,00	1,04	1,08	1,14
46	1,05	1,02	1,00	1,01	1,04	1,08	1,15
48	1,05	1,02	1,00	1,00	1,04	1,08	1,16
50	1,05	1,02	1,00	1,01	1,04	1,08	1,17
52	1,05	1,03	1,01	1,02	1,06	1,09	1,19
Південний схил 15 <sup>0</sup>							
44	1,05	1,02	0,99	1,00	1,05	1,11	1,17
46	1,06	1,02	0,99	1,01	1,05	1,11	1,18
48	1,06	1,02	1,00	1,01	1,05	1,12	1,19
50	1,06	1,02	1,00	1,01	1,05	1,12	1,21
52	1,06	1,02	1,00	1,01	1,05	1,14	1,25
Південний схил 20 <sup>0</sup>							
44	1,06	1,02	0,98	1,00	1,06	1,15	1,26
46	1,07	1,02	0,99	1,01	1,06	1,15	1,28
48	1,08	1,02	1,00	1,01	1,06	1,16	1,30
50	1,08	1,03	1,00	1,01	1,06	1,16	1,32
52	1,08	1,03	1,00	1,02	1,06	1,17	1,34

$$\Sigma Q = \frac{a + b}{2} \cdot n, \quad (1.27)$$

де  $a$  – денна сума сумової радіації на дату початку (кінця) теплого періоду;  $b$  – те ж, на кінець (початок) місяця;  $n$  – число днів неповного місяця.

Суми ФАР за теплий період для горизонтальної поверхні і різних схилів розраховуються за такими формулами:

$$\Sigma Q'_{\phi} = 0,5\Sigma Q'; \quad \Sigma Q'_{\phi c} = 0,5\Sigma Q'_c. \quad (1.28)$$

Реальна географічна мінливість сум сумової радіації і сум ФАР за теплий період в межах всієї України значно більше фонової. Значення  $\Delta\Sigma Q$  і  $\Delta\Sigma Q_{\phi}$  визначаються у вигляді відповідних різниць

$$\Delta\Sigma Q_{cx} = \Sigma Q_{cx} - \Sigma Q; \quad \Delta\Sigma Q_{c\phi} = \Sigma Q_{c\phi} - \Sigma Q. \quad (1.29)$$

Запропонована методика агрокліматичних розрахунків характеристик сонячної радіації для рівного місця і схилів різної експозиції і крутості дає змогу детально оцінити просторову мінливість їх на обмежених територіях (адміністративна область, район, окреме господарство) Картографування цих показників на морфометричній основі може служити науковою основою для здійснення мікрорайонування сільськогосподарських культур в невеликому районі або на території великої ферми на сортовому рівні.

## 1.2 Практична частина

1. За даними додатку А.1 побудувати неповну (за два весняних та два літніх місяці) криву річного ходу денної температури повітря для двох пунктів (північного та південного).
2. Використовуючи графік для кожної станції визначити: дати переходу  $T_d$  через 5, 10, 15 °С навесні та восени; тривалість теплого періоду з температурою  $T_d$  вище 5, 10, 15 °С. Дані розрахунків занести в форму табл. 1 додатку Б.
3. За даними додатку А.2 розрахувати:
  - місячні значення сум ФАР за формулою (1.9);
  - суми сумової радіації та ФАР за теплий період з  $T_d$  вище 5, 10, 15 °С для горизонтальної поверхні за формулою (2.13; 2.16);
 Результати записати в табл. 2 додатку Б.

4. Застосовуючи перехідні коефіцієнти  $K_Q$  (табл. 2.1; 2.2) розрахувати місячні суми сумової радіації та ФАР для північних та південних схилів крутизною 5, 10, 15, 20° по формулі (2.12).  
Результати розрахунків записати в табл. 3 додатку Б.
5. Використовуючи одержані дані розрахувати суми сумової радіації та ФАР за теплий період з  $T_d$  вище 5, 10, 15 °С для північних та південних схилів за формулами (2.14; 2.16). Результати записати в табл. 4 додатку Б.
6. Вирахувати відхилення сум сумової радіації та ФАР ( $\Delta\Sigma Q$ ,  $\Delta\Sigma Q_\phi$ ) відносно рівного місця, тобто горизонтальної поверхні. Результати записати в табл. 4 додатку Б.
7. Побудувати графік відхилень місячних сум сумової радіації та ФАР на схилах відносно рівного місця, використовуючи дані табл. 4 додатку Б. На осі абсцис слід зазначити крутизну схилу, а на осі ординат – значення  $\Delta\Sigma Q$ ,  $\Delta\Sigma Q_\phi$ .
8. Одержані результати проаналізувати та скласти коротку характеристику радіаційно-світлових ресурсів в районі обраних пунктів.

### Питання для самоперевірки

1. Чому дорівнює радіаційний баланс?
2. Дайте визначення фотосинтетично активній радіації?
3. На які групи діляться рослини за реакцією на тривалість освітлення?
4. Назвіть основні показники радіаційно-світлових ресурсів?
5. В яких одиницях виміряються характеристики сонячної радіації?
6. Які ви знаєте формули для розрахунку сумової сонячної радіації?
7. Як розраховується фотосинтетично активна радіація?
8. Вкажіть кількісні залежності розрахунку радіаційно-світлових ресурсів для території України для рівної поверхні?
9. Яка радіація більш за все змінюється на схилах і як її розраховують?
10. Опишіть розрахунок радіаційного балансу для схилів?
11. Опишіть методику розрахунку сум сумарної радіації і ФАР для схилів?
12. Який коефіцієнт застосовують для пере розрахунку сум сумарної радіації для схилів різної крутизни?
13. Як вирахувати значення сум сумарної радіації і ФАР за період з  $T_d$  вище 5, 10, 15 °С.

## 2 Практична робота № 2 «Оцінка теплових ресурсів території з урахуванням мікроклімату»

### 2.1 Теоретичні основи

У 30-х роках 20-го сторіччя Г.Т. Селяніновим були запропоновані основні показники, які використовувалися ним і застосовуються в наш час для агроекологічної оцінки термічних ресурсів вегетаційного періоду.

За кліматичну ознаку початку вегетації слід прийняти дату переходу середньої добової температури повітря навесні через 5 °С для невимогливих до тепла озимих культур та деяких інших злаків; через 10 °С для середньо вимогливих до тепла культур, а для теплолюбивих культур – через 15 °С ( $D_6$ ).

За кліматичну ознаку закінчення вегетації слід приймати дату переходу середньої добової температури повітря восени через 5, 10, 15 °С ( $D_6$ ).

Важливим показником є тривалість теплового періоду або вегетаційного періодів ( $N_{тп}$ ,  $N_{вп}$ ), яка визначається за датами переходу  $T_c$  навесні і восени через 5, 10, 15 °С.

Оцінка теплових ресурсів території або потреба рослин в теплі виконуються за сумами активних температур, які розраховані за періоди з середньодобовою температурою повітря ( $T_c$ ) вище 5, 10 або 15 °С ( $\Sigma T_c$ ).

В теперішній час накопичено багатий експериментальний матеріал, який підтверджує необхідність врахування термоперіодизму рослин в агроекологічних дослідженнях, тобто вплив добових коливань температури повітря вдень та вночі на ріст, розвиток та продуктивність сільськогосподарських культур. Встановлено, що більшість рослин краще розвивається та дає більш високу продуктивність за підвищеними денними та зниженими нічними температурами повітря в означених оптимальних межах. Механізм термоперіодичної реакції полягає в тому, що за підвищеними денними температурами вони інтенсивно асимілюють вдень, а вночі при знижених температурах розхід асимілянтів значно скорочується.

Середньодобова температура повітря ( $T_c$ ), яка використовується в агрокліматології для оцінки теплових ресурсів території і теплозабезпеченості культурних рослин характеризується незначною мінливістю під впливом елементів рельєфу. Навіть в ясну погоду із слабким вітром мікрокліматична різниця  $T_c$  по елементам рельєфу не перевищує 1,5-1,0 °С. Більш перспективними для цієї мети є середньоденна ( $T_{дн}$ ) і середньонічна ( $T_{н}$ ) температури повітря. Біокліматичне обґрунтування і методи розрахунку  $T_{дн}$ ,  $T_{н}$  викладені в опублікованих роботах Міщенко З.А.

З.А. Міщенко [4] запропонувала нові показники термічного режиму дня і ночі для агроекологічної оцінки теплових ресурсів території та теплозабезпеченості сільськогосподарських рослин і розробила методи їх розрахунку. До числа таких показників відносяться: середньоденна та середньонічна температура повітря ( $T_{дн}$ ,  $T_{н}$ ), різниця цих температур ( $T_{дн} - T_{н}$ ), їх суми ( $\sum T_{дн}$ ,  $\sum T_{н}$ ); тривалість теплового періоду, яку визначають за датами переходу  $T_{дн}$ ,  $T_{н}$  через 5, 10, 15 °С навесні та восени; добова амплітуда температури повітря та її сума ( $A_T$ ,  $\sum A_T$ ); тривалість теплового періоду з  $T_{дн}$  вище 10 і 15 °С ( $N_{дн}$ ). Перевага запропонованих показників теплових ресурсів над традиційними полягає в тому, що в них враховується динаміка дня та ночі, а також вплив добового ходу температури на різноманітні об'єкти природи. Ці показники біологічно більш точно характеризують зв'язок темпів розвитку рослин і їх продуктивність з термічними факторами. Вони відрізняються високою чутливістю до мікроклімату та ступеня континентальності клімату.

Для агроекологічної оцінки теплових ресурсів території та теплозабезпеченості сільськогосподарських культур проводиться розрахунок сум активних денних та нічних температур повітря, які, наприклад, вище 10 °С, за формулами:

$$\sum T_{дн} \geq 10^{\circ}\text{C} = \Sigma(T_{дн} \cdot N_{IV} + T_{дн} N_V + \dots + T_{дн} \cdot N_X), \quad (2.1)$$

$$\sum T_{н} \geq 10^{\circ}\text{C} = \Sigma(T_{н} \cdot N_{IV} + T_{н} N_V + \dots + T_{н} \cdot N_X), \quad (2.2)$$

де  $T_{дн}, T_{н}$  – середні місячні величини денних і нічних температур повітря;  $N$  з індексом  $IV, V, \dots, X$  – кількість днів та ночей у квітні, травні і до жовтня з  $T_{дн}, T_{н}$  вище 10 °С.

Можливий непрямий метод визначення  $N_{дн}, N_{н}, \sum T_{дн}, \sum T_{н}$ , запропонований З.А. Міщенко на підставі тісного взаємозв'язку цих показників з сумою середніх добових температур повітря ( $\sum T_c \geq 10^{\circ}\text{C}$ ) і тривалістю теплового періоду з  $T_c$  вище 10 °С ( $N_c$ ). Пізніше такі дослідження були виконані Г.В.Ляшенко [5] для території України, результати яких представлені в табл. 2.1 та формулах 4.36- 4.39. Коефіцієнти кореляції складають 0,85-0,92, а похибка рівнянь регресії не перевищує 10 %.

Таблиця 2.1. - Статистичні параметри рівнянь зв'язку між показниками теплових ресурсів дня та ночі ( $N_{дн}, N_{н}, \Sigma T_{дн}, \Sigma T_{н}$ ) і традиційними ( $N_c, \Sigma T_c \geq 10^\circ C$ )

Зв'язок	$R$	$\varepsilon_R$	$\sigma_y$	$\sigma_x$	$\bar{S}_y$
$\Sigma T_{дн} \text{ з } \Sigma T_c$	0,92	0,004	476	364	$\pm 175$
$\Sigma T_{н} \text{ з } \Sigma T_c$	0,86	0,007	323	364	$\pm 166$
$N_{дн} \text{ з } N_c$	0,88	0,009	16,8	11,6	$\pm 10$
$N_{н} \text{ з } N_c$	0,85	0,008	14,6	11,6	$\pm 8$

$$\Sigma T_{дн} = 1,092 \Sigma T_c + 130,6 \quad (2.3)$$

$$\Sigma T_{н} = 0,955 \Sigma T_c - 472,2 \quad (2.4)$$

$$N_{дн} = 1,10 N_c + 0,4 \quad (2.5)$$

$$N_{н} = 1,10 N_c - 38,5 \quad (2.6)$$

Інтегральним біокліматичним показником термоперіодичної реакції живих організмів є добова амплітуда температур  $A_T$ , яка зумовлена ходом або ритмом екстремальних температур вдень та вночі. Середні місячні величини  $A_T$  розраховуються як різниця між середнім максимумом  $\bar{T}_{MAX}$  і середнім мінімумом  $\bar{T}_{MIN}$  температури повітря за конкретний місяць, тобто

$$A_T = \bar{T}_{MAX} - \bar{T}_{MIN} \quad (2.7)$$

Сумарним показником термічної різниці дня та ночі є різниця між середньоденною і середньнонічною температурами повітря  $\bar{T}_{дн} - \bar{T}_{н}$ . Просторовий розподіл  $T_{дн}, T_{н}$  відрізняється від розподілу середньої добової температури повітря, а повторює розподіл добової амплітуди температур. Це підтверджується наявністю тісної залежності між  $A_T$  і різницею  $\bar{T}_{дн} - \bar{T}_{н}$ . Встановлено, що зв'язок  $\bar{T}_{дн} - \bar{T}_{н}$  з  $A_T$  носить лінійний характер, а рівняння регресії для рівнинних земель території СНД для травня, липня, вересня мають вигляд:

$$(\bar{T}_{дн} - \bar{T}_{н}) = 0,90 A_T - 3,6, \quad (2.8)$$

$$(\bar{T}_{дн} - \bar{T}_{н}) = 0,95 A_T - 2,8, \quad (2.9)$$

$$(\bar{T}_{\text{дн}} - \bar{T}_{\text{н}}) = 0,98A_T - 3,6 . \quad (2.10)$$

В усі місяці коефіцієнти кореляції залишаються високими ( $r \geq 0,90$ ), а похибки рівнянь регресії малими.

На території України більше ніж 60% від загальної площі сільськогосподарських угідь займає пагорбистий, горбистий та гірський типи рельєфу. Встановлено, що суми денних та нічних температур повітря вище 10 °С відзначаються високою чутливістю до мікроклімату, тобто до неоднорідностей діяльної поверхні (форми рельєфу, види рослинних спільнот, близькість та розміри водойм та ін.). Тому вони перспективні для регіональної оцінки та районування теплових ресурсів на обмежених територіях (адміністративна область, район, окреме господарство) з метою оптимізації розміщення однорічних та багаторічних культур.

За механізмом формування мікрокліматичних інверсій температури виділено декілька груп місцеположень в мікрорельєфі:

- верховини, вододільні плато, верхні частини схилів;
- середні частини схилів різної експозиції та крутості, дена долин з великою крутістю (більш ніж 8-12°) вздовж осі;
- фонові місцеположення, які характеризують умови відкритого рівного місця з відносно добрим обміном повітря вдень та вночі (рівнинні землі, середні частини пологих схилів крутістю до 5°, передгірські широкі долини (до 10 км у поперечнику); підніжжя схилів усіх експозицій, дена та нижні частини широких долин (до 2-4 км у поперечнику);
- дена та нижні частини вузьких (шириною менш ніж 1 км в поперечнику) замкнених долин, улоговини.

Ці фактори покладені в основу районування мікрокліматичних параметрів теплових ресурсів дня та ночі ( $\Delta\Sigma T_{\text{дн}}$ ,  $\Delta\Sigma T_{\text{н}}$ ).

Відповідно до геоморфологічного районування території СНД за основними характеристиками ерозії (розчленування рельєфу по вертикалі), розглянуті мезорайони з різним типом рельєфу:

- рівнинний;
- слабопагорбкуватий;
- пагорбистий ( $\Delta H < 50\text{м}$ , схили 3-6°),
- горбистий ( $\Delta H \approx 50-150\text{м}$ , схили 6-10°), гірський, який поділяється на низькогірський ( $\Delta H \approx 160-220\text{ м}$ , схили 12-16°), середньогірський ( $\Delta H \approx 220-300\text{ м}$ , схили 16-20°), високогірський ( $\Delta H > 300-400\text{ м}$ , схили 16-20° та більш).



З.А. Міщенко розробила універсальну розрахункову схему мезо- та мікрокліматичної мінливості показників теплового режиму дня та ночі ( $T_{\text{дн}}$ ,  $T_{\text{н}}$ ,  $\Sigma T_{\text{дн}}$ ,  $\Sigma T_{\text{н}}$ ,  $A_T$ ) в горбистому та гірському рельєфі для території СНД в залежності від базисів ерозії ( $\Delta H_M$ ) та ступеня континентальності клімату.

Надалі, на основі аналізу геоморфологічної карти вертикального розчленування території України, Г.В.Ляшенко уточнила цю схему мікрокліматичних параметрів термічного режиму і теплових ресурсів дня та ночі для різних типів рельєфу і місцеположень для території України (табл.3.5).

Завдання полягає у визначенні для будь-якої території мікрокліматичних параметрів теплових ресурсів та теплозабезпеченості рослин ( $\Delta \Sigma T_{\text{дн}}'$  і  $\Delta \Sigma T_{\text{н}}'$ ) в типовому мікрорельєфі. Ці параметри являють собою відхилення  $\Sigma T_{\text{дн}}'$ ,  $\Sigma T_{\text{н}}'$  для певних місцеположень в рельєфі від  $\Sigma T_{\text{д}}$  та  $\Sigma T_{\text{н}}$  для відкритого рівного місця, тобто різницю ( $\Sigma T_{\text{дн}}' - \Sigma T_{\text{дн}}$ ) і ( $\Sigma T_{\text{н}}' - \Sigma T_{\text{н}}$ ). Розрахунок теплових ресурсів дня та ночі ( $\Sigma T_{\text{дн}}'$ ,  $\Sigma T_{\text{н}}'$ ) в різних місцеположеннях рельєфу виконується за відомими формулами:

$$\Sigma T_{\text{дн}}' = \Sigma \bar{T}_{\text{дн}} \pm \Delta \Sigma T_{\text{дн}}', \quad (2.11)$$

$$\Sigma T_{\text{н}}' = \Sigma \bar{T}_{\text{н}} \pm \Delta \Sigma T_{\text{н}}', \quad (2.12)$$

де  $\Sigma \bar{T}_{\text{дн}}$ ,  $\Sigma \bar{T}_{\text{н}}$  - середні багаторічні значення сум температур повітря, розраховані за період з  $T_{\text{дн}}$  і  $T_{\text{н}}$  вище  $10^\circ\text{C}$  для умов відкритого рівного місця, тобто для рівнинних земель,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta \Sigma T_{\text{дн}}'$  та  $\Delta \Sigma T_{\text{н}}'$  – мікрокліматичні параметри,  $^\circ\text{C}$ .

Абсолютні значення  $\Sigma T_{\text{дн}}'$ ,  $\Sigma T_{\text{н}}'$  для конкретних місцеположень, наприклад, для верховини або замкненої долини, визначаються шляхом складання або віднімання відповідних мікрокліматичних параметрів ( $\Delta \Sigma T_{\text{дн}}'$ ,  $\Delta \Sigma T_{\text{н}}'$ ) і  $\Sigma T_{\text{дн}}$ ,  $\Sigma T_{\text{н}}$  для рівного місця. Але завжди цим розрахункам передують визначення типу рельєфу, який характеризує дану місцевість. Оскільки вдень виявляється вплив експозиції схилів, для верхніх та середніх частин схилів з південною складовою  $\Sigma T_{\text{дн}}'$  повинна збільшуватись, а для цих же схилів з північною складовою - зменшуватися. При розрахунку  $\Sigma T_{\text{н}}'$  в різних місцеположеннях треба враховувати, що для опуклих форм рельєфу мікрокліматичний параметр додається до фонові величини  $\Sigma T_{\text{н}}$ , яка характеризує рівне місце, а для увігнутих форм рельєфу – віднімається.

За формулами 2.11, 2.12 можна розрахувати середні багаторічні значення сум денних та сум нічних температур повітря для ведучих типів мікрорельєфу в конкретному господарстві та дати оцінку теплових ресурсів на розглянутій території. Але для агроекологічної оцінки теплозабезпеченості сільськогосподарських культур на території окремого господарства або невеликого району необхідно визначити імовірнісні характеристики  $\Sigma T_{\text{дн}}$ ,  $\Sigma T_{\text{н}}$  за елементами рельєфу. Такі розрахунки можна виконати за формулами виду:

$$\Sigma T'_{\text{д}(10, 20, \dots, 90\%)} = \Sigma T_{\text{д}(\%)} \pm \Delta \Sigma T'_{\text{д}} \quad (2.13)$$

$$\Sigma T'_{\text{н}(10, 20, \dots, 90\%)} = \Sigma T_{\text{н}(\%)} \pm \Delta \Sigma T'_{\text{н}} \quad (2.14)$$

де  $\Sigma T'_{\text{д}(10, 20, \dots, 90\%)}$  та  $\Sigma T'_{\text{н}(10, 20, \dots, 90\%)}$  - суми денних та суми нічних температур повітря різної імовірності для різних місцеположень у рельєфі;  $\Sigma T_{\text{д}(\%)}$  та  $\Sigma T_{\text{н}(\%)}$  - суми температур різної імовірності для умов відкритого рівного місця;  $\Delta \Sigma T'_{\text{д}}$  та  $\Delta \Sigma T'_{\text{н}}$  - мікрокліматичні параметри, котрі для конкретних місцеположень можна визначити за допомогою табл. 2.1.

Розрахунок імовірнісних характеристик сум денних та нічних температур повітря для умов відкритого рівного місця можна розрахувати за двома способами: методом Г.О. Алексєєва або через середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт кривої Гауса.

Таблиця 2.1. - Параметри мезо-і мікрокліматичної мінливості теплових ресурсів дня та ночі  
( $\Delta\Sigma T_{\text{дн}}$ ,  $\Delta\Sigma T_{\text{н}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) в пагорбкуватому, горбистому та гірському рельєфі України

№ п/п	Мезорайони по базисах ерозії ( $\Delta H$ м) та крутості схилів	Пара- метри	Мікрорельєф				
			верховина, верхня частина схилу	середина схилу	широка долина, підніжжя схилу	замкнена долина, улоговина	верховина- улоговина
1	Пагорбистий рельєф, ( $\Delta H \leq 50$ м, крутість схилів $3-6^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta\Sigma T_{\text{д}}$	-50,	$\leq \pm 50$	>50	50	100-150
		$\Delta\Sigma T_{\text{н}}$	100	>50	-100	-100	200-300
2	Пагорбистий рельєф ( $\Delta H 50 - 100$ м, крутість схилів $6-8^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta\Sigma T_{\text{д}}$	-100	50	50-100	50-100	150-200
		$\Delta\Sigma T_{\text{н}}$	150	50-100	-100,-150	-100,-150	250-350
3	Горбистий рельєф ( $\Delta H 100-150$ м, крутість схилів $8-12^{\circ}$ )	$\Delta\Sigma T_{\text{д}}$	$\geq -100$	$> \pm 50$	50-100	100-150	200-250
		$\Delta\Sigma T_{\text{н}}$	150-200	50-100	-100,-150	-150,-200	300-400
4	Низькогірський рельєф ( $\Delta H \approx 150-$ $200$ м, крутість схилів $12 - 16^{\circ}$ ).	$\Delta\Sigma T_{\text{д}}$	-100,-150	$\pm 50, \pm 100$	100-150	>150	250-300
		$\Delta\Sigma T_{\text{н}}$	200-250	100-150	-150,-200	-200,-250	400-500
5	Середньогірський рельєф ( $\Delta H \approx 200$ $-500$ м, крутість схилів $16 - 20^{\circ}$ ).	$\Delta\Sigma T_{\text{д}}$	$\geq -150$	$\pm 100, \pm 150$	$\geq 150$	150,-200	300-350
		$\Delta\Sigma T_{\text{н}}$	250-300	150-200	-200,-250	-250,-300	500-600
6	Гори Східних Карпат і Криму ( $\Delta H >$ $500$ м, крутість схилів $20 - 30^{\circ}$ )	$\Delta\Sigma T_{\text{д}}$	-150,-200	$\geq \pm 150$	150-200	200-250	350-450
		$\Delta\Sigma T_{\text{н}}$	300-350	$\geq 200$	-250,-300	-300,-350	600-700

Примітка: Знак "плюс" означає збільшення, знак "мінус" - зменшення  $\Sigma T_{\text{дн}}$ ,  $\Sigma T_{\text{н}}$  у порівнянні з відкритим рівним місцем

## 2.2 Практична частина

1. З додатку В (табл. В.1) виписати щорічні дані про суми середньодобові температури повітря вище 10 °С для однієї станції.
2. Розрахувати багаторічні значення  $\sum \bar{T}_c$ , знайти крайні значення, їх відхилення від середнього значення та розрахувати середнє квадратичне відхилення ( $\sigma_c$ ) за формулою  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}$ , де  $\sum d^2$  - сума квадратів відхилень сум температур в окремі роки від середньої величини;  $n$  – кількість років спостережень. Результати записати в табл. В.2 (додаток В).
3. За формулою  $P_x = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} 100\%$ , де  $m$  – порядковий номер членів статистичного ряду, які розміщені в порядку зменшення;  $n$  – кількість років (спостережень) у статистичному ряді, розрахувати сумарну імовірність (забезпеченість)  $\sum T_c$  вище 10 °С. Результати розрахунків записати в табл. В.3 (додаток В).
4. Побудувати криву сумарної імовірності  $\sum T_c$ , зняти значення сум температур з кроком в 10% з графіка та записати отримані дані в табл. В.3
5. Використовуючи отримані дані з кліматичних сум температур та дані табл. В.1 з  $\sum T_{cb}$ , визначити теплозабезпеченість ряду сільськогосподарських культур в районі станції.
6. За даними додатку В.4 виписати середні багаторічні значення сум денних та сум нічних температур ( $\sum T_d, \sum T_n$ ) для рівного місця та їх середні квадратичні відхилення ( $\sigma_d, \sigma_n$ ). Результати записати у табл. В.5 (додаток В).
7. За допомогою мікрокліматичних параметрів ( $\Delta \sum T'_d$  та  $\Delta \sum T'_n$ ) поданих у табл. 2.1 розрахувати за формулами 2.11 та 2.12 кліматичні суми денних та нічних температур повітря вище 10 °С для різних місцеположень у горбистому та гірському рельєфі, а також визначити їх відхилення від умов відкритого рівного місця. Результати записати у табл. В.5
8. Побудувати графік відхилень  $\sum T'_d, \sum T'_n$  в різних місцеположеннях рельєфу від їх значень на рівному місці. По ординаті відкладаються значення  $\Delta \sum T'_d$  та  $\Delta \sum T'_n$  (в 1см 100-200 °С), а по абсцисі у вигляді стовпчиків – різні місцеположення.
9. Використовуючи значення коефіцієнтів кривої Гауса ( $K_r$ ), які характеризують нормальне розподілення сум температур повітря, і

середні квадратичні відхилення їх ( $\sigma_d, \sigma_n$ ), розрахувати імовірнісні характеристики  $\Sigma T'_d, \Sigma T'_n$  з кроком 5, 10, 15 % та до 95% для рівного місця за формулами  $\Sigma T_{d(\%)} = \Sigma \bar{T}_d \pm \sigma_d \cdot K_r$  та  $\Sigma T_{n(\%)} = \Sigma \bar{T}_n \pm \sigma_n \cdot K_r$ , де  $K_r$  - коефіцієнт кривої Гауса;  $\sigma_d, \sigma_n$  - величина для визначення відхилень  $\Sigma T_d, \Sigma T_n$  від середньої з заданих ймовірностей середніх багаторічних значень у вигляді  $n_d = \sigma_d K_r, n_n = \sigma_n K_r$ . Результати розрахунків записати у табл. В.6 (додатку В).

10. Побудувати графіки кривих сумарної імовірності можливих  $\Sigma T'_d, \Sigma T'_n$  для умов відкритого рівного місця, водороздільного плато, замкненої вузької долини. Визначити теплозабезпеченість ряду сільськогосподарських культур за їх біологічними сумами денних та нічних температур повітря з урахуванням мікроклімату полів у рельєфі (табл. В.7, додатку В).

### Питання для самоперевірки

1. Назвати показники термічного режиму і теплових ресурсів, яким притаманна значна чутливість до мікроклімату.
2. Назвати основні типи неоднорідної поверхні, які зумовлюють різницю у формуванні теплових ресурсів.
3. Що приймають за кліматичну ознаку початку та кінця вегетації?
4. Оцінка теплових ресурсів території або потреба рослин в теплі виконуються за...
5. назвіть нові показники термічного режиму дня і ночі для агроекологічної оцінки теплових ресурсів території та теплозабезпеченості сільськогосподарських рослин.
6. Навести формули для розрахунку сум активних денних та нічних температур повітря.
7. Опишіть непрямий метод визначення  $N_{дн}, N_n, \Sigma T_{дн}, \Sigma T_n$ .
8. Що є сумарним показником термічної різниці дня та ночі?
9. Які групи місцеположень в мікрорельєфі виділено за механізмом формування мікрокліматичних інверсій температури?
10. Опишіть розрахункову схему мезо- та мікрокліматичної мінливості показників теплового режиму дня та ночі ( $T_{дн}, T_n, \Sigma T_{дн}, \Sigma T_n, A_T$ ) в горбистому та гірському рельєфі для території України
11. Як визначити імовірнісні характеристики  $\Sigma T'_{дн}, \Sigma T'_n$  за елементами рельєфу?

### 3 Практична робота № 3

#### «Оцінка морозостійкості сільськогосподарських культур»

#### 3.1 Теоретичні основи

Агроєкологічна оцінка умов перезимівлі сільськогосподарських культур має велике значення для їх раціонального розміщення по території, а також для обґрунтування агротехнічних і захисних заходів по покращенню умов перезимівлі. Агроєкологічні показники, які застосовуються при цьому, відрізняються великим різноманіттям. Найбільш часто використовуються такі показники:

- середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря ( $T_{\text{мп}}$ );
- середній із абсолютних річних мінімумів температури ґрунту ( $T_{\text{мг}}$ );
- сума від'ємних температур нижче 0, -5, -10, -15 °С;
- температура самого холодного місяця ( $T_x$ );
- висота снігового покриву (Н, см)
- глибина промерзання ґрунту (h, см).

Додатковими показниками можуть бути:

- число днів зі сніговим покривом;
- дати з'явлення і сходження снігового покриву;
- тривалість холодних періодів з температурою повітря нижче 0, -5, -10, -15 °С.

При агроєкологічній оцінці умов перезимівлі сільськогосподарських культур обов'язковим є урахування їх морозостійкості, тобто стійкості рослин до низьких від'ємних температур в зимовий період. Морозостійкість рослин неоднакова і залежить від їх виду і кліматичних умов тієї чи іншої географічної зони. Озимі культури і багаторічні трави за ступенем їх морозостійкості можна умовно розділити на три групи:

- 1) високої морозостійкості, які здатні переносити температури -20 °С і до -24 °С на глибині вузла кушіння (озиме жито, тимофіївка лугова);
- 2) середньої морозостійкості, які переносять температури -15...-20 °С (озима пшениця, райграс, конюшина пізньостигла, люцерна синя);
- 3) слабкої морозостійкості, які не можуть переносити температури нижче - 10...-15 °С мало зимостійкі сорти озимої пшениці, ячмінь, конюшина).

Слід мати на увазі, що в окремі роки у зимовий період морозостійкість озимих культур сильно коливається. На думку В.М. Лічікакі, критична температура вимерзання рослин залежить від мінімальної температури

грунту на глибині вузла кушення (табл.3.1). Найменші величини критичної температури вимерзання відзначаються за середніх температур ґрунту на глибині вузла кушення порядку 0...-0.6 °С. У озимій пшениці середньоморозостійких сортів вона не перевищує -14, -15 °С, а в озимого ячменю – -9,- 11 °С. Найбільше значення критичної температури вимерзання спостерігається за середньої температури ґрунту на рівні -6 °С. У озимій пшениці середньоморозостійких сортів вона становить -19, -20 °С, а в озимого жита – -25 °С [4].

Таблиця 3.1. - Критична температура вимерзання ( $T_{кр}$ ) озимих культур в залежності від середньої із мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кушення (за В.М. Лічикакі)

$\bar{T}_{мн},$ °С	$T_{кр}, °С$				
	озимій пшениці з морозостійкістю			озимого жита	озимого ячменю
	вище середньої	середньою	нижче середньої		
0	-14,0	-14,0	-12,0	-14,0	-9,2
-0,6	-15,2	-15,1	-13,1	-15,5	-11,0
-4,2	-16,6	-16,1	-14,1	-16,8	-12,4
-1,8	-17,7	-16,9	-14,9	-18,3	-13,5
-2,4	-18,8	-17,7	-15,7	-19,5	-14,3
-3,0	-19,6	-18,3	-16,3	-20,7	-14,6
-3,6	-20,3	-18,7	-16,7	-21,8	-14,8
-4,2	-20,8	-19,1	-17,1	-22,7	-
-4,8	-21,2	-19,2	-17,2	-23,4	-
-5,4	-21,6	-19,4	-17,4	-24,2	-
-6,0	-22,0	-19,5	-17,5	-24,9	-

Примітка:  $T_{мн}$  – середнє значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушення в період від дати переходу її через 0 °С до дати визначення  $T_{кр}$ .

Плодові культури та виноград пошкоджуються і гинуть взимку під дією від’ємних температур повітря на надземну частину рослин і кореневу систему. Критична температура для цих культур наведена у табл. 3.2, із якої видно, що найбільшою морозостійкістю відзначається яблуня середньостиглих сортів, а найменшою – виноград і мигдаль.

При вимерзанні рослини пошкоджуються і гинуть не стільки під дією низьких середньодобових температур, скільки нічних мінімальних температур, про які судять за абсолютним мінімумом температури повітря або ґрунту.

Таблиця 3.2. - Критичні температури вимерзання плодових культур і винограду

Культура	$T_{кр}, ^\circ C$	
	наземної частини	кореневої системи
Яблуня: середньоросійські сорти південні сорти	-35, -40 -30	-12, -15 -10, -12
Груша європейського сорту	-25, -30	-9, -10
Вишня	-30	-14, -15
Черешня	-25, -30	-14, -15
Слива південна	-23, -28	-14, -15
Абрикос	-25	-11, -12
Персик	-23, -25	-10, -12
Айва	-25	-10, -12
Грецький горіх	-23, -25	-10, -12
Виноград європейських сортів	-16, -22	-7, -9
Мигдаль	-18, -23	-7, -9

Але застосовувати його для порівняльної оцінки морозонебезпечності важко. Тому в якості основного агрокліматичного показника при оцінці зимуючих культур використовується, вперше запропонований Г.Т. Селяниновим, середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря і ґрунту. Середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря  $\bar{T}_{мп}$  і ґрунту  $T_{мг}$  дають уявлення про величини, які мають 50-відсоткову імовірність, тобто можуть спостерігатися кожного другого року. Розрахунок цих показників здійснюється наступним чином: абсолютні мінімуми температури по рокам алгебраїчно підсумовуються, а отриманий результат ділиться на кількість років спостережень.

Фундаментальні дослідження стосовно агрокліматичної оцінки умов морозонебезпечності для території України були проведені в 2000- 2003 рр. З. А. Міщенко і С. В. Ляховою [4], за якими підтверджено вплив на просторовий розподіл  $\bar{T}_{мп}$  континентальності клімату і теплих Чорного і Азовського морів. Величина  $T_{мг}$  знижується від -14...-16  $^\circ C$  в південних районах України до -28  $^\circ C$  і нижче – в північно-східних. Відзначаються загальні закономірності просторового розподілу величин, при цьому більш чітко проявляється вплив теплих Чорного і Азовського морів – широтний напрямок ізотерм  $\bar{T}_{мп}$ .

Як зазначалося раніше, крім основного показника умов морозонебезпечності - середнього із абсолютних річних мінімумів



температури повітря  $\bar{T}_{\text{мп}}$ , оцінка умов морозонебезпечності для різних сільськогосподарських культур більш повно може бути виконана за наявності й інших показників холодного періоду. До них відносяться мінімальна температура ґрунту  $T_{\text{мг}}$ , мінімальна температура холодної п'ятиденки  $T_x$ , висота снігового покриву  $H$ , глибина промерзання ґрунту  $h$ . За методикою ущільнення агрокліматичної інформації, розробленою З. А. Міщенко і Г. В. Ляшенко [5], надалі Міщенко З. А. і Ляховою С.В. були отримані регресійні рівняння і виконані розрахунки  $T_x$ ,  $N_{\text{хп}}$  і  $\Sigma T \leq 0^\circ\text{C}$ . Так, за просторової мінливості на території України величини  $\bar{T}_{\text{мп}}$  від  $-14\dots-16$  до  $-28$   $^\circ\text{C}$  і нижче величини  $N_{\text{хп}}$  і  $\Sigma T \leq 0^\circ\text{C}$  відповідно змінюються від 35-55 до 135 днів і від  $-20\dots-85$  до  $-650$   $^\circ\text{C}$ .

### Методи розрахунків агроекологічних показників морозонебезпечності

Основні термічні показники можливого вимерзання зимуючих культур наведені на початку даного розділу. Оскільки середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря ( $\bar{T}_{\text{мп}}$ ) і середній із абсолютних річних мінімумів температури ґрунту на глибині 25...40 см ( $T_{\text{мг}}$ ) і 3 см ( $T_{\text{мг}_3}$ ) отримують алгебраїчним підсумком абсолютних мінімумів температури по роках та діленням на число років спостережень, то середні багаторічні кліматичні значення дуже рідко спостерігаються в окремий конкретний рік. В результаті отримують, що половина всіх років в статистичному ряді має значення менше середнього, а друга половина років – більше середнього. Для розшифрування середнього багаторічного кліматичного значення служать повторюваність його за окремими градаціями і імовірність настання явища які дають повну картину про міжрічну мінливість показника клімату. Який вивчають.

Під імовірністю явища розуміють статистичну повторюваність його за великий період часу (не менше 30 років), яка виражається у відсотках від загальної кількості випадків спостережень. Розрахунок імовірності величин показників морозонебезпечності виконується із застосуванням відомих універсального графоаналітичного методу Алексеєва і спрощеного методу Гольцберг. Формула Алексеєва має вигляд

$$Px_i = \frac{m' - 0.25}{N + 0.55}; \quad (3.1)$$

де  $P_x$  – забезпеченість, значення якої послідовно зростають;  $m'$  – порядковий номер членів статистичного ряду  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , які розташовані у порядку зменшення;  $N$  – число років або спостережень у ряді [4].

На основі даних розрахунків будують інтегральну криву розподілення абсолютного мінімуму температури (криву забезпеченості). Будують наступним чином: по осі абсцис відкладають значення абсолютних мінімумів температур, а по осі ординат – значення забезпеченості  $P_x$  від 0 до 100%. За точками на графіку за допомогою інтерполяції проводять плавну лінію, яка з'єднує імовірності абсолютних мінімумів температури різної забезпеченості. В подальшому з інтегральної кривої розподілення знімають любі значення забезпеченості. Дані записують у таблицю і з їх допомогою легко визначають не тільки екстремальні значення абсолютних мінімумів температур, але і інші можливі коливання цього показника і його забезпеченість (%).

Ймовірність мінімальних температур можна розрахувати в інший спосіб – у відхиленнях від середнього із абсолютних річних мінімумів. За всі роки спостережень підраховують додатні і від'ємні відхилення мінімальних температур від середньої із абсолютних річних мінімумів за градаціями через 1 °С. Кількість випадків (повторюваність) різних відхилень надаються у відсотках від всієї кількості випадків і ці відсотки послідовно підсумовують від найбільшого від'ємного до найбільшого додатного відхилень. Надалі за одержаними даними сумарної ймовірності складають графік, на якому на осі абсцис відкладають відхилення (через 1 °С) від середнього із абсолютних річних мінімумів температури, який береться за нуль, а по осі ординат – ймовірність  $P_x$ , % мінімальних температур нижче певної межі.

Відсотки імовірності настання визначеного пониження температури, які є на графіку. Можна перевести в частоту повторюваності їх по роках. Наприклад: 100% - щорічно, 80% - 8 раз в 10 років, 50% - 5 раз в 10 років і т.д. Використовуючи графік можна розрахувати імовірність пошкодження морозами зимуючі культури. Наприклад. Якщо критична температура вимерзання крони яблуні -35 °С, то в районі, де середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря -32 °С (різниця температур -3 °С), імовірність пошкодження складає 20%.

Так як показники морозонебезпечності підпорядковуються нормальному закону розподілення, то їх міжрічну мінливість можна визначати і за допомогою основного статистичного параметру – середнього квадратичного відхилення ( $\delta$ ) і кривих забезпеченості відхилень можливих  $T_{мп}$ ,  $T_{мг}$ ,  $T_x$ ,  $\Sigma T < -10$  °С,  $N_{хп}$  від їх середніх значень [4].

Середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_j - \bar{x}_j)^2}{n_j}}, \quad (3.2)$$

Для розрахунку і побудови кривої сумарної імовірності використовуються коефіцієнти, які вказані у верхній строці таблиці 3.4. Так коефіцієнт зі знаком «-» характеризує величини менше середнього, а зі знаком «+» - більше середнього.

Стосовно до основних показників морозонебезпечності сумову імовірність розраховують за даними середніх багаторічних значент (кліматична норма) того або іншого показника і відповідних значень ( $\delta$ ) за формулами

$$\begin{aligned} T'_{МП,\%} &= \bar{T}_{МП} + \sigma_{МП} \cdot K \\ T'_{X,\%} &= \bar{T}_X + \sigma_X \cdot K \\ T'_{МГ,\%} &= \bar{T}_{МГ} + \sigma_{МГ} \cdot K \\ N'_{ХГ,\%} &= \bar{N}_{ХГ} + \sigma_N \cdot K \end{aligned} \quad (3.3)$$

де  $T'_{MB,\%}$ ,  $T'_{MG,\%}$ ,  $T'_{X,\%}$ ,  $N'_{HG,\%}$  можливі значення середнього із абсолютних річних мінімумів температури повітря і ґрунту, температури самого холодного місяця, тривалості холодного періоду з температурою нижче 0 °С заданої імовірності;  $\bar{T}_{MB}$ ,  $\bar{T}_{MG}$ ,  $\bar{T}_X$ ,  $\bar{N}_{HG}$  - кліматична норма цих показників;  $\sigma_{МП}$ ,  $\sigma_X$ ,  $\sigma_{МГ}$ ,  $\sigma_N$  - середні квадратичні відхилення від відповідних середніх значень показника;  $K$  - коефіцієнт до  $\sigma_{МП}$ ,  $\sigma_X$ ,  $\sigma_{МГ}$ ,  $\sigma_N$  для визначення відхилень від середньої заданої імовірності у вигляді  $n = \sigma K$ .

При розрахунках за формулами (3.3) для ймовірності, яку визначають агрокліматичного показника морозонебезпечності водять відповідні значення коефіцієнта  $K$  відповідно до додатку Г (табл. Г.3). Далі для кожної станції креслять криву сумарної ймовірності і таким чином визначають міжрічну мінливість  $\bar{T}_{MB}$ ,  $\bar{T}_{M3}$  і ін.

Надаючи оцінку умов перезимівлі для озимих трав'яних культур, необхідно враховувати середній показник із абсолютних річних мінімумів температури ґрунту на глибині вузла куціння, тобто на глибині ґрунту 3 см. Але фактичних спостережень за мінімальною температурою на цій глибині дуже мало. Тому В.А. Моїсейчик запропонувала ряд формул, за допомогою

яких можна надійно визначити  $\bar{T}_{M3}$  за значеннями мінімальної температури повітря. Наприклад, для снігового покриву висотою 10 см

$$\bar{T}_{M3} = 0,25\bar{T}_{МП} - 0,06H + 0,48 \quad (3.4)$$

де  $H$  – глибина промерзання ґрунту.

Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння знаходиться в тісній залежності від значень мінімальної температури повітря, висоти снігового покриву і глибини промерзання ґрунту. Термоізоляційні значення снігового покриву за невеликої її висоти (5...20 см) змінюється в залежності від абсолютного значення мінімальної температури повітря і глибина промерзання ґрунту. Із табл. 3.3 видно, що, наприклад, при  $\bar{T}_{МП} = -30$  °С мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння при глибині промерзання ґрунту в 50 см складає при висотах снігового покриву 5, 10, 15, 20 см відповідно -18, -7, -6...-4 °С [4].

Таблиця 3.3. – Мінімальна температура ґрунту, °С на глибині вузла кущіння озимих культур

$\bar{T}_{\text{мін}}$ °С	Висота снігового покриву, см													
	0		5		10		15		20					
	Глибина промерзання ґрунту, см													
	30	50	30	50	100	30	50	100	30	50	100	30	50	100
-15	-8	-12	-6	8	-11	-4	-5	-8	-2	-4	-6	-1	-3	-5
-20	-12	-16	-10	11	-15	-4	-6	-8	-3	-4	-8	-3	-4	-6
-25	-16	-20	-13	14	-18	-5	-6	-9	-5	-6	-9	-3	-4	-7
-30	-20	-24	-16	18	-21	-6	-7	-10	-5	-6	-9	-3	-4	-7
-35	-24	-28	-19	21	-24	-7	-8	-11	-6	-7	-10	-4	-5	-8
-40	-28	-32	-22	24	-27	-7	-9	-12	-7	-11	-11	-5	-6	-9

Чим нижче температура повітря, тим більш захищена дія снігового покриву. Чим вище висота снігового покриву, тим при одній і тій же температурі повітря вище мінімальна температура ґрунту.

### 3.2 Практична частина

1. Виписати щорічні дані по абсолютному мінімуму температури повітря і глибині промерзання ґрунту за 2-гу декаду січня для однієї станції не менше чим за 30 років спостережень. Номер варіанту надає викладач (див. табл. Г.1 додатку Г).

2. Розрахуйте середні багаторічні значення цих показників; знайдіть крайні значення і їх відхилення від середніх значень. Результати запишіть в табл. Г.2.
3. Розрахуйте середні квадратичні відхилення середнього із абсолютних річних мінімумів температури повітря  $\sigma_{МП}$ , глибини промерзання ґрунту  $\sigma_{МГ}$ , а також коефіцієнт варіації  $C_{МП}$ ,  $\sigma_{МГ}$ .
4. За формулою (3.4) розрахувати щорічні значення абсолютних мінімумів температури ґрунту на глибині вузла кущіння; визначити середні багаторічні значення, середні квадратичні відхилення  $\sigma_3$  і коефіцієнт варіації  $C_3$ . Результати записати в табл. Г.3.
5. За формулою (3.1 і 3.2) визначити сумарну ймовірність (забезпеченість) можливих значень  $T'_{МВ}$  і  $T'_{МЗ}$  відносно кліматичної норми. Результати розрахунків записати в табл. Г.2 та Г.3.
6. Побудувати криві сумарної ймовірності для  $\bar{T}_{МВ}$  і  $\bar{T}_{МЗ}$  в абсолютних значеннях і у вигляді відхилень можливих  $T'_{МВ}$  і  $T'_{МЗ}$  від середніх багаторічних значень цих показників.
7. Зняти значення сумарної ймовірності з кроком 10% для параметрів морозонебезпечності  $T'_{МВ}$ ,  $T'_{МЗ}$  з відповідних кривих і записати отримані дані в табл. Г.4
8. Використовуючи дані табл. 3.1 і 3.2 і табл. Г.5 оцінити ступінь морозонебезпечності для ряду плодових культур, винограду і озимих зернових в районі досліджуваної станції.
9. Скласти аналіз отриманих результатів. За даними табл. Г.6 зробити заключення про тип зими в районі стосовно до умов перезимівлі озимих культур.

### **Питання для самоперевірки**

1. Назвіть основні агроекологічні показники умов морозонебезпечності для зимуючих культур.
2. Яка географічна мінливість середнього із абсолютних річних мінімумів температури повітря на території України?
3. Назвіть критичну температуру вимерзання надземних частин плодових культур і винограду.
4. Яка критична температура вимерзання озимих зернових на глибині вузла кущіння.
5. Як визначається ймовірність пошкодження надземних і підземних частин рослин сильними морозами зимою.

6. Поясніть методику розрахунку сумарної імовірності (забезпеченості) абсолютних мінімумів температури повітря і ґрунту.

#### 4 Практична робота № 4

### «Розрахунок головних показників агроценозів, що утворилися на полях з посівами різних сільськогосподарських культур»

#### 4.1 Теоретичні основи

Усі компоненти літосфери, атмосфери та гідросфери нашої планети нерозривно пов'язані з усіма організмами біосферного комплексу на певній території. Таке стійке сполучення живих істот та неорганічних компонентів утворює цілісну систему, в якій відбувається обмін енергії та кругообіг речовин. Така система називається екологічною системою (екосистемою).

*Екосистема* – це основна й найважливіша функціональна одиниця екології та структурна одиниця біосферного комплексу, до якої входять компоненти живої та неживої природи, які, безумовно, взаємно впливають один на одного і таким способом підтримують сталість процесів життя у тій формі, в якій воно існує на Землі.

Термін “екосистема” вперше вжив англійський еколог А. Тенслі (1935), проте його тлумачення, наукове обґрунтування і створення наукової системи поглядів на структуру екосистем та процеси, що в ній відбуваються, належить академіку В. Н. Сукачову. Залежно від комплексу компонентів, які розглядає екологія або біологія в межах екологічної системи як інтегральної природної системи, сукупності складових екосистем, можна згрупувати в декілька категорій.

Первинною категорією будь-якої екосистеми є рослинне угруповання, тобто сукупність рослин, які виростають на певній території. Видовий склад та біомаса відносно стабільного рослинного угруповання переважно визначається кліматичними умовами певної місцевості. Наступною складовою є логічне поєднання рослин і тварин певної території в загальну категорію, що має назву біоценоз – сукупність усіх живих організмів, які населяють певну територію (рослинні угруповання та популяції тварин).

Нарешті, екологічна система поєднує живі організми, які населяють певну територію, разом із факторами неживої природи цієї території. У такому тлумаченні екосистема зближується з визначенням біогеоценозу.

Загалом ці терміни є ідентичними, проте, зазвичай, під біогеоценозом розуміють описану сукупність компонентів на невеликій території, тим часом як екосистема є більш широким і глобальним поняттям. Структура біогеоценозу, або екологічної системи, передусім передбачає чимало кількісних характеристик, які є загальноживаними в сучасній екології [1].

#### ***Головні показники біогеоценозу:***

- Видова різноманітність – кількість видів тварин і рослин, що утворюють біогеоценоз.

- Щільність популяції – кількість особин заданого виду на одиниці площі або в одиниці об'єму (наприклад, для планктону).

- Біомаса – загальна кількість органічної речовини всієї сукупності особин із наявною в них енергією (одиниці маси в перерахунку на суху речовину на одиниці площі або в одиниці об'єму).

Важливо, що усі названі показники біоценозу перебувають у динамічній рівновазі, якщо угруповання є відносно стабільним, а не піддається певному етапу сукцесії, або так само динамічно змінюється внаслідок змін умов існування. Отже, стабільним біогеоценозам властиві певні характеристики.

#### ***Головні характеристики біогеоценозу:***

- Стійка система кругообігу речовин між компонентами живої і неживої, природи.

- Саморегуляція – підтримка чисельності особин кожного виду на певному, відносно постійному рівні.

- Ланцюги живлення – сукупність взаємозв'язаних видів, які послідовно дістають матеріали й енергію з вихідної поживної речовини (травоїдні поїдають рослини, їх поїдають хижі, трупи хижих поїдають гнойові та трупоїдні комахи, їхніми трупами живляться гнильні бактерії).

Саме наявність ланцюгів живлення найбільшою мірою забезпечує реалізацію такого найважливішого явища у біогеоценозі, як саморегуляція. У цьому зв'язку дуже важливим є визначення компонентів ланцюгів живлення.

#### ***Компоненти ланцюгів живлення та їх екологічні функції:***

- ***Продуценти*** (англ. produce – виробляти) – автотрофні організми, що виробляють органічні речовини з неорганічних.

Ця категорія поєднує усе різноманіття зелених рослин, які внаслідок фотосинтетичної активності є природними акумуляторами сонячної енергії.

- ***Консументи*** (англ. Consume – споживати) – гетеротрофні організми, що живляться готовою органічною речовиною [6].

Консументи бувають 1, 2, 3 і т.д. порядків, залежно від своєї екологічної функції: риби, що живляться планктоном є консументами першого порядку, а водні хижі ссавці, що живляться рибою, – другого і т. д.).

Крім того, консументи бувають: а) тваринної їжі; б) рослинної; в) мішаної; г) паразитичного живлення.

• **Редуценти** (англ. reduce – зменшувати) – сапротрофні організми, що використовують органічні речовини мертвих рослин і тварин, розкладаючи їх до простих неорганічних сполук (гриби, бактерії, трупоїдні комахи, черв'яки), – надзвичайно важлива ланка, оскільки саме завдяки їм забезпечується повернення елементів у кругообіг речовин у природі.

Зв'язки живлення організмів в екологічній системі досить наочно можуть бути продемонстровані за допомогою екологічних пірамід.

**Екологічна піраміда** – це графічне зображення співвідношень між продуцентами, консументами й редуцентами у вигляді прямокутників, розмір яких поступово зменшується від нижнього до верхнього. Залежно від показника екосистеми або біогеоценозу розрізняють піраміди чисел, енергії та маси (біомаси).

Перетворення енергії в усіх ланках ланцюгів живлення, а також в екосистемі загалом, підпорядковане фізичним законам, що відомі під назвою законів термодинаміки. Перший закон термодинаміки полягає в тому, що енергія не виникає та не зникає, а тільки перетворюється з одного виду на інший. Другий закон термодинаміки говорить, що за кожного перетворення певна частка корисної енергії перетворюється на некорисну теплову і переважно втрачається. Таким способом за кожного переходу залишається лише невелика частка корисної енергії, що була наявна на попередній стадії.

Отже, після декількох переходів кількість корисної енергії скорочується. Закони термодинаміки актуальні як для живих, так і для неживих систем і на побутовому рівні можуть бути сформульовані так: неможливо отримати більше енергії, ніж було вкладено (перший закон); неможливо навіть “залишитися зі своїм”, тобто некорисні теплові витрати неминучі (другий закон) [1].

Це дало можливість визначити певну закономірність, яка отримала назву правило екологічної піраміди – біомаса та енергія в кожній з наступних ланок ланцюга живлення зменшується. Існує також важливий наслідок з правила екологічної піраміди – унаслідок втрат енергії екологічні піраміди не можуть бути довгими, зазвичай, вони становлять 3–5 рівнів живлення.

Певною мірою все сказане про екологічні системи стосується і штучно створених біогеоценозів – агроценозів, під якими розуміють поля сільськогосподарських посівів, пасовища, сіножаті тощо. Проте більшість



функціональних процесів, властивих стабільним екосистемам, в агроценозах порушені.

Головними причинами цього стали деякі особливості, серед яких найважливіші:

- **Одноманітність** – висока концентрація одного виду. Величезні за екологічними мірками площі природних ландшафтів (100 – 200 га і більше) можуть бути засіяні не просто однією культурою, а рослинами одного сорту або гібриду. Це спричиняє невластиві природним територіям процеси, серед яких майже втрачається здатність агроценозу до саморегуляції.

- **Висока продуктивність** – виснаження ґрунту високопродуктивними сортами і гібридами сільськогосподарських культур, відсутність кругообігу через винесення значної частини біомаси з урожаєм.

- **Агротехнічні і меліоративні роботи** – зрошення, внесення добрив, обробіток ґрунту тощо – це процеси, які не трапляються у природі в таких масштабах, спричиняють інтенсивну ерозію ґрунту, сприяють розвитку культурної рослини і пригнічують розвиток інших рослин (в агроценозі це бур'яни або культури, що засмічують основний посів).

- **Скорочений термін існування** – агроекосистема існує в практиці сільськогосподарського виробництва для більшості культур від одного до 30 (50) років.

Отже, основні відмінності агроценозів від природних екосистем зумовлені головним призначенням перших, яке полягає в отриманні максимальної кількості сільськогосподарської продукції. Саме тому необхідно спрямовувати характер цього виробництва на збереження природи, і тут надзвичайно важливо розуміти внутрішні процеси агроценозу як тимчасової штучно створеної виробничої екологічної системи [6].

## 4.2 Практична частина

Використовуючи вихідні дані, які наведені в табл. 4.1 розрахувати:

1) абсолютну щільність рослин основної культури (через площу живлення) та бур'янів на 1 га. Для цього помножити міжряддя (м) на погонний метр рядка посіву та співвіднести до розрахованої площі відповідну щільність посіву.

- Щільність рослин основної культури на 1 га знайти з пропорції: розрахована площа (м<sup>2</sup>) – відповідна кількість рослин, шт.; 104 м<sup>2</sup> – X рослин, шт.

- Щільність бур'янів для переведення на 1 га помножити на 10<sup>4</sup>.

Дані записати у табл. 4.2 в тис. шт./га.

2) загальну кількість усіх рослин (основна культура + бур'яни) на 1 га додаванням щільності окремих видів.

3) відносні показники питомої ваги різних видів у посівах (%).

Для цього використати пропорцію: загальна кількість усіх рослин, шт./га – 100 %, щільність певного виду, шт./га – X %.

4) Отримані дані оформити у вигляді табл. 4.2.

Таблиця 4.1. - Вихідні дані для розрахунків

№	Культура	Міжряддя, см	Кількість рослин, шт./м <sup>2</sup>	Кількість бур'янів, шт./м <sup>2</sup>					
				Берізка польова	Лобода біла	Щириця загнута	Мишій сизий	Осот рожевий	Інші види
1	Пшениця	15	7,2	3,2	1,2	0,2	9,8	3,0	6,7
2	Соя	30	18,8	4,0	0,5	1,6	10,2	4,1	6,9
3	Картопля	50	2,6	3,4	0,9	3,4	12,6	2,1	7,8
4	Кукурудза	70	4,2	3,8	1,6	2,9	15,6	3,1	9,5
5	Соняшник	70	4,7	2,5	2,0	2,5	16,2	4,2	9,4

5) Розрахувати біомасу рослин основної культури та бур'янів на 1 га кожного агроценозу.

Для цього щільність відповідних культур та видів (табл. 4.2) помножити на середню суху масу однієї рослини, наведеної з урахуванням листостеблової, генеративної та кореневої маси (табл. 4.3)

Таблиця 4.2. - Видова різноманітність та щільність агроценозу

№	Культура	Щільність рослин							
		Основна культура	Берізка польова	Лобода біла	Щириця загнута	Мишій сизий	Осот рожевий	Інші види	Разом
<b>Абсолютна щільність, тис. шт./га</b>									
1	Пшениця								
2	Соя								
3	Картопля								
4	Кукурудза								
5	Соняшник								
<b>Відносна щільність, %</b>									
1	Пшениця								
2	Соя								
3	Картопля								
4	Кукурудза								
5	Соняшник								

Таблиця 4.3. - Вихідні дані для розрахунків

№	Культура	Середня суха маса рослини, г
1	Пшениця	20
2	Соя	18
3	Картопля	630
4	Кукурудза	850
5	Соняшник	760
6	<b>Вид бур'яну</b>	
7	Берізка польова	13
8	Лобода біла	15
9	Щириця загнута	21
10	Мишій сизий	8
11	Осот рожевий	14
12	Інші види	15

б) Отримані дані оформити у вигляді табл. 4.4.

Таблиця 4.4. - Структура біомаси агроценозу

№	Культура	Біомаса, кг сухої речовини								
		Основна культура	Берізка польова	Лобода біла	Щириця загнута	Мишій сизий	Осот рожевий	Інші види	Разом бур'янів	Разом
1	Пшениця									
2	Соя									
3	Картопля									
4	Кукурудза									
5	Соняшник									

7) Зробити висновки за такими пунктами:

1. У яких агроценозах максимальна (мінімальна) загальна абсолютна щільність рослин?
2. У яких агроценозах максимальна (мінімальна) відносна щільність бур'янів?
3. Який бур'ян за відносною щільністю максимально (мінімально) поширений в усіх агроценозах?
4. Який агроценоз накопичує максимальну (мінімальну) абсолютну суху біомасу?

## Питання для самоперевірки

1. Що таке біосфера?
2. Назвіть геосфери Землі.
3. Що таке екосистема та біогеоценоз?
4. Що таке біоценоз та популяція?
5. Назвіть головні показники біогеоценозу.
6. Назвіть головні характеристики біогеоценозу.
7. Що таке ланцюги живлення?
8. Назвіть компоненти ланцюгів живлення.
9. Скільки ланцюгів живлення існує в екосистемі: один чи багато?
10. У чому полягає правило екологічної піраміди?
11. Поясніть наслідок з правила екологічної піраміди.

## 5 Практична робота № 5

### «Розрахунок дози гною для створення бездефіцитного балансу гумусу в польовій сівозміні»

#### 5.1 Теоретичні основи

Інтенсивне сільськогосподарське виробництво, традиційно засноване на широкій хімізації, не втратило інтересу до органічних добрив. Навпаки, їх роль постійно зростає, оскільки органічна речовина є найважливішою складовою ґрунту, вміст і форми якої найбільшою мірою визначають головну властивість ґрунту – його родючість.

Під час мінералізації органічної речовини ґрунту вивільнюються усі необхідні рослинам поживні речовини доступній формі. Органічна речовина зумовлює структуру, вбирну ємність, кислотність, буферність, температурний режим ґрунтів, а також є джерелом живлення та субстратом для існування ґрунтових мікроорганізмів, які сприяють переведенню важкодоступних сполук у легкодоступні.

Під органічною речовиною ґрунту розуміють усі органічні речовини, які є в ґрунтовому профілі, за винятком тих, що входять до складу живих організмів. Органічні речовини ґрунту розділяють на дві великі групи. Першу становлять відмерлі рештки живих істот, які ще не втратили своєї анатомічної будови, – корені та стебла рослин, наземний опад, рештки мікроорганізмів та тварин. Компоненти цієї групи піддаються гуміфікації, унаслідок якої утворюються ґрунтові органічні сполуки другої групи, сукупність яких називається гумусом. Основна й найважливіша частина гумусу – специфічні гумусові речовини, що становлять 85–90 % його загальної маси. Вони є системою високомолекулярних сполук, які зокрема містять й азотні сполуки.

**Гумус** складається з таких основних компонентів:

**Гумінові кислоти** – гетерогенна група нерозчинних у воді високомолекулярних сполук із вмістом нітрогену, що надає ґрунту специфічного забарвлення (від червоно-бурого до чорного, залежно від концентрації). Гумінові кислоти, головню, зумовлюють агрономічну цінність гумусу й родючість ґрунту. На гумінові кислоти особливо багаті чорноземи.

**Фульвокислоти** – гетерогенна група розчинних у воді високомолекулярних відносно реакційних сполук із вмістом нітрогену, що є руйнівною дією на органічних речовин, первинних та вторинних мінералів та надають ґрунту специфічного забарвлення (від жовтого до червоного, залежно

від концентрації). Фульвокислоти переважно утворюються в дерново-підзолистих ґрунтах.

**Гумін (нерозчинний залишок)** – нерозчинна частина специфічних гумусових речовин, що міцно пов'язана з мінеральною частиною ґрунту і не відділяється навіть під дією кислот та лугів.

Ґрунти містять органічні речовини, які перебувають на різних стадіях гуміфікації та у різних кількостях, що зумовлює їхні специфічні властивості. У цьому зв'язку інтегральним показником ґрунтової родючості прийнято вважати вміст гумусу.

### **Органічні добрива й баланс гумусу у ґрунті**

Залежно від ступеня інтенсифікації землеробства (питома вага просапних, зернових культур, бобових трав у сівозміні, наявність чистого пару, застосування добрив, зрошення тощо) і типу ґрунту, вміст гумусу може щорічно зменшуватися на 0,5–1,5 т/га. Так, за останні 20 років втрати гумусу в ґрунтах України сягнули понад 10 % загального його вмісту. Для позитивного балансу гумусу у ґрунті необхідно забезпечити новоутворення гумусових речовин у більшій кількості, ніж його щорічна мінералізація.

Якщо мінеральні добрива поліпшують кругообіг та баланс біогенних елементів, то органічні є не лише важливим джерелом поживних елементів для рослин, а й поповнюють запас гумусу у ґрунті – цього важливого показника потенційної родючості. Гумус як джерело поживних елементів містить майже весь зв'язаний карбон ґрунту, 80–90 % нітрогену й сульфур, близько 50 % фосфору в органічній формі. Він є важливим джерелом CO<sub>2</sub> для фотосинтезу, а також головним фактором біогенності ґрунту.

Використання органічних відходів тваринництва як добрив допомагає виправити порушення в біохімічному кругообігу карбону, нітрогену, фосфору та послабити ефект евтрофікації гідросфери через створення органічної речовини ґрунту й утворення агрономічно цінної ґрунтової структури. Сприяють накопиченню гумусу також кореневі та поживні залишки. Останнє значною мірою визначається культурою, методом збирання тощо. Наприклад, сівозміни з багаторічними травами сприяють більшому накопиченню гумусу у ґрунті, а просапні культури, навпаки, викликають інтенсивну мінералізацію гумусу та залишають незначну кількість кореневого опаду для поповнення запасу гумусу.

Баланс гумусу у ґрунті може бути поповнений не лише завдяки рослинним решткам та гною, а й за допомогою застосування торфу, зеленого добрива, різних видів органічних компостів, соломи як у чистому вигляді, так і в сполученні з гноєм.

Питання про кількість органічних речовин, яку потрібно внести в ґрунт, щоб відновити втрати гумусу, становить значний науковий та практичний інтерес. Ця кількість залежить від спеціалізації сівозміни, ґрунтово-кліматичних умов та виду органічного добрива.

Звичайно, витрати гумусу на вирощування певної кількості врожаю визначаються за споживанням культурою нітрогену та  $\text{CO}_2$ . Оскільки в гумусі міститься в середньому 5 % нітрогену, то використання на створення, наприклад, 100 кг нітрогену призводить до мінералізації двадцятикратної кількості гумусу, тобто 2 т/га. З'ясовано, що ґрунти під зерновими культурами щорічно втрачають 0,4–1,0 т/га, під просапними – в 1,5–3,0 рази більше. Максимальна мінералізація гумусу закономірно простежується у чистих парах. За інших однакових умов мінералізація зростає на ґрунтах легкого гранулометричного складу та під час зрошення.

Розрахунки необхідної кількості органічного добрива для підтримки балансу гумусу, зазвичай, ґрунтуються на визначенні потреб різних ґрунтів в органічній речовині залежно від урожайності та структури посівних площ. Оскільки цінність різних видів органічних добрив є неоднаковою з погляду поповнення запасів гумусу у ґрунті, використовують наперед визначені коефіцієнти гуміфікації різних добрив, тобто кількість гумусу, що утворюється з однієї частини внесеного добрива.

Під час інтенсифікованого землеробства створення умов для запобігання втрат та збільшення вмісту гумусу у ґрунті набуває виняткового значення в комплексі заходів окультурювання ґрунтів. На основі багаторічних даних та передового досвіду рекомендовані такі щорічні норми гною на кожний гектар сівозмінної площі для підтримки бездефіцитного балансу гумусу в ґрунтах України – в Степу – 7–8 т/га, Лісостепу – 10–12, Поліссі – 12–14, Передкарпатті та Закарпатті – 15–18 т/га.

## **5.2 Практична частина**

Спочатку вписуємо в першу та другу графи табл. 5.1 номери полів та чергування культур в сівозміні. Для прикладу візьмемо дев'ятипольну парозернопросапну сівозміну з таким чергуванням культур: пар чорний – озима пшениця – цукровий буряк – горох – озима пшениця – кукурудза на зерно – кукурудза на силос – озима пшениця – соняшник.

Далі всі розрахунки відносно динаміки гумусу в ґрунті виконуються для кожної культури та чорного пару окремо, поступово переходячи від одного до наступного.

Отже першим полем у нас буде чорний пар. В графу „3” табл. 5.1 вписуємо площу, яку він займає. Для зручності розрахунків усі поля в сівозміні візьмемо за 1 гектар.

Так як, чорний пар не дає ніякої продукції, то в графі „4” ставимо ризику.

Вміст гумусу в орному шарі ґрунту в полі чорного пару розраховуємо, виходячи з ґрунтового та агрохімічного обстеження, користуючись формулою:

$$G = r \cdot d_v \cdot H, \quad (5.1)$$

де  $G$  – вміст гумусу, т/га;

$r$  – відсоток гумусу в ґрунті (за матеріалами ґрунтового обстеження);

$d_v$  – щільність ґрунту (об’ємна маса), г/см<sup>3</sup>;

$H$  – глибина орного шару, см.

Приклад: У чорноземі звичайному важкосуглинковому в орному шарі міститься 3,8 % гумусу  $r$ , при щільності ґрунту  $d_v = 1,2$  г/см<sup>3</sup> та глибині орного шару  $H = 30$  см:

$$G = 3,8 \cdot 1,2 \cdot 30 = 136,8 \text{ т/га.}$$

Таким чином, в графу „5” заносимо цифру 3,8 в графу „6” – 136,8 (табл. 5.1). Така кількість гумусу була в орному шарі ґрунту під чорним паром на початку. Під впливом інтенсивного обробітку ґрунту та активізації біологічної діяльності мікрофлори певна частина гумусу мінералізується. Це залежить від культури та механічного складу ґрунту.

В нашому прикладі на важкосуглинковому ґрунті мінералізація становить 1,2 т/га, (табл. 5.2).

Крім мінералізації гумусу значне місце в його зменшенні відіграють ерозійні процеси, інтенсивність яких залежить від багатьох факторів, серед яких не останнє місце належить рослинності. Чим довше ґрунт знаходиться під її захистом, тим менше він пошкоджується ерозією. Найменш захищеними будуть поля під чистими парами, просапними культурами, які пізно зникають рядки. Якщо виразити коефіцієнт ерозійної безпеки чорного пару через 1,0, то у просапних він знаходиться в межах 0,7-0,9; ярих зернових 0,4-0,5; озимих культур 0,2-0,3; багаторічних трав 0,01-0,05.

Візьмемо середньорічний змив ґрунту з поля чорного пару 8 т/га, що становить 0,30 т/га гумусу  $\left(\frac{8 \cdot 3,8}{100}\right)$ .



Таблиця 5.1. - Розрахунок балансу гумусу в ґрунті сівозміни

№	Культура	Площа, га	Врожайність, т/га	Вміст гумусу в орному шарі ґрунту		Мінералізація гумусу, т/га	Змив, т/га		Загальні втрати гумусу, т/га	Коефіцієнт виходу росл. решт.	Вихід росл. решт., т/га	Вихід гумусу, т/га	Всього гумусу, т/га	Баланс гумусу, т/га
				%	т/га		ґрунту	гумусу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Пар чорний	1	-	3,8	136,8	1,20	8	0,30	1,50	-	-	-	135,3	-1,50
2	Озима пшениця	1	5,0			0,60	2	0,08	0,68	1,1	5,5	1,37	135,99	+0,69
3	Цукровій буряк				135,3									
4	Горох													
5	Озима пшениця													
6	Кукурудза на зерно													
7	Кукурудза на силос													
8	Озима пшениця													
9	Соняшник													

Таблиця 5.2. – Мінералізація гумусу під сільськогосподарськими культурами на ґрунтах різного механічного складу, т/га

Культура	Ґрунти за механічним складом				
	Піщані	Супіщані	Легкосуглинкові	Середньосуглинкові	Важкосуглинкові
Пар чорний	2,7	2,1	1,8	1,5	1,2
Озимі зернові	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6
Ярі зернові	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5
Горох	1,8	1,4	1,2	1,0	0,8
Кукурудза	1,8	1,4	1,2	1,0	0,8
Цукровий буряк	2,7	2,1	1,8	1,5	1,2
Соняшник	1,8	1,4	1,2	1,0	0,8
Картопля	2,2	1,7	1,8	1,2	1,0
Однорічні трави	1,4	1,0	1,0	0,8	0,6
Багаторічні трави	0,5	0,6	0,4	0,3	0,2

Загальні втрати гумусу (мінералізація + змив) складають 1,5 т/га.

Оскільки з поля чорного пару в ґрунт не надходить ніяких залишків, то в графах „11”, „12” та „13” ставимо риси.

Таким чином, баланс гумусу в полі чорного пару буде складатися тільки з видаткових статей (мінералізація та змив) – 1,50 т/га. Тепер в орному шарі ґрунту залишилося гумусу 136,8 т/га – 1,5 т/га = 135,3 т/га, що заносимо в графу „14”.

Наступним полем у нас буде озима пшениця, середню урожайність якої після чорного пару візьмемо за 5 т/га.

Якщо ми не вносили в поле органічних добрив, за рахунок яких можна підвищити вміст гумусу в ґрунті, то його кількість залишиться такою, яку ми одержали в результаті парування поля (135,3 т/га). Цю цифру заносимо в графу „6”.

Мінералізація гумусу під озимою пшеницею складатиме 0,6 т/га, (табл. 5.2). Змив – 2 т/га ( $8 \cdot 0,25$ ) ґрунту або 0,08 т/га гумусу  $\left( \frac{2,0 \cdot 3,8}{100} \right)$ .

Втрати гумусу в результаті мінералізації та змиву складуть 0,68 т/га.

Але в полі, що було зайнято озимою пшеницею, після її збирання залишилися рештки рослин (стерня та коренева система), які поповнюють ґрунт органічною речовиною, певна частина якої в результаті гуміфікації перетворюється на гумус.

Кількість органічних решток, яка потрапляє в ґрунт, залежить від вирощуваної культури (табл. 5.3).

Якщо урожайність основної продукції озимої пшениці у нас була 5 т/га, то органічних решток надійде в ґрунт 5,5 т/га, тому що коефіцієнт складає 1,1.

В результаті гуміфікації цих решток в ґрунт надійде 1,37 т/га гумусу ( $5,5 \cdot 0,25 = 1,37$ ). Коефіцієнти гуміфікації наведені в табл. 5.4.

Всього гумусу з урахуванням прибуткових та видаткових статей надійде у ґрунт 0,69 т/га ( $1,37 - 0,68 = 0,69$ ).

За такою схемою ведеться розрахунок балансу гумусу для всіх культур сівозміни.

Таблиця 5.3. – Вихід післяжнивних та кореневих рештків від урожайності основної продукції

Культура	Коефіцієнт виходу
Озимі зернові	1,1
Ячмінь	0,9
Овес	1,1
Просо	1,0
Кукурудза на зерно	0,8
Горох	0,8
Соняшник	1,0
Цукровий буряк	0,04
Картопля	0,06
Кукурудза на силос	0,16
Однорічні трави на сіно	0,8
Багаторічні трави на сіно	1,5
Однорічні та багаторічні трави на зелений корм	0,2

Таблиця 5.4. – Коефіцієнт гуміфікації рослинних залишків та органічних добрив

Культура	Коефіцієнт гуміфікації
Зернові, зернобобові, багаторічні	0,25
трави	0,15
Кукурудза та інші силосні культури	0,08
Картопля та овочі	0,25
Солома на добриво	0,065-0,070
Органічні добрива: Полісся	0,075-0,080
Лісостеп, Степ	

Після того як буде підраховано загальний баланс гумусу в сівозміні, а він безумовно буде від'ємним, приступають до розрахунків потреби в органічних добривах, щоб створити бездефіцитний вміст гумусу в ґрунті.

Припустимо, що за ротацію сівозміни вміст гумусу в орному шарі ґрунту зменшився на 4 т/га. Для того, щоб поповнити ґрунт такою кількістю гумусу необхідно в нього внести певну частину органічних добрив. Виходячи з того, що 1 тонна гною дає 0,080 т гумусу, то для того, щоб одержати 4 т гумусу необхідно розрахувати пропорцію:

$$\left. \begin{array}{l} 1 - 0,080 \\ x - 4,0 \end{array} \right\} x = \frac{4,0 \cdot 1}{0,08} = 50 \text{ т}$$

та на основі цих розрахунків внести 50 т гною на 1 гектар за ротацію сівозміни.

Так як гній є не тільки джерелом гумусу, але й поживних речовин для рослин, які накопичуються у ґрунті під час його мінералізації та використовуються на протязі 2-3 років, то вносити гній необхідно не щорічно, а через 3-4 роки під найвибагливіші до мінерального живлення культури. В нашій сівозміні це будуть цукровий буряк, кукурудза на зерно і соняшник.

Потрібно ще й виходити із організаційно-господарських можливостей. Попередниками цих культур є озима пшениця. Збирання її проводиться в середині літа і в господарства є вдосталь часу, щоб до осінньої оранки справитись з цим завданням.

50 тонн гною, що необхідно внести на кожен гектар сівозміни за ротацію, доцільно розподілити так: під цукрові буряки 20 т/га, під кукурудзу на зерно та соняшник – по 15 т/га.

Таблиця 5.5 Розрахунок балансу гумусу в ґрунті сівозміни

Тип ґрунту: чорноземи типові важкосуглинисті

№	Культура	Площа, га	Врожайність, т/га	Вміст гумусу в орному шарі ґрунту		Мінералізація гумусу, т/га	Змив, т/га		Загальні втрати гумусу, т/га	Коефіцієнт виходу росл. решт.	Вихід росл. решт., т/га	Вихід гумусу, т/га	Всього гумусу, т/га	Баланс гумусу, т/га
				%	т/га		ґрунту	гумусу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Чорний пар			5,2										
2	Озима пшениця													
3	Ярий ячмінь													
4	Кукурудза на силос													
5	Картопля													
6	Кукурудза на зерно													
7	Кукурудза на силос													
8	Соняшник													

Таблиця 5.6 Розрахунок балансу гумусу в ґрунті сівозміни

Тип ґрунту: дерново-підзолисті піщані

№	Культура	Площа, га	Вро- жай- ність, т/га	Вміст гумусу в орному шарі ґрунту		Мінералі- зація гумусу, т/га	Змив, т/га		Загальні втрати гумусу, т/га	Коефі- цієнт виходу роsl. решт.	Вихід роsl. решт., т/га	Вихід гумусу, т/га	Всього гумусу, т/га	Баланс гумусу, т/га
				%	т/га		ґрунту	гумусу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Чорний пар			0,8										
2	Озима пшениця													
3	Цукровий буряк													
4	Багаторічні трави													
5	Багаторічні трави													
6	Кукурудза													
7	Ярі зернові з багаторічним и травами													

Таблиця 5.7 Розрахунок балансу гумусу в ґрунті сівозміни

№	Культура	Площа, га	Вро- жай- ність, т/га	Вміст гумусу в орному шарі ґрунту		Мінералі- зація гумусу, т/га	Змив, т/га		Загальні втрати гумусу, т/га	Коефі- цієнт виходу роsl. решт.	Вихід роsl. решт., т/га	Вихід гумусу, т/га	Всього гумусу, т/га	Баланс гумусу, т/га
				%	т/га		ґрунту	гумусу						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Чорний пар			2,8										
2	Кормовий буряк													
3	Озима пшениця на зелений корм													
4	Люцерна													
5	Люцерна													
6	Люцерна													
7	Кукурудза на силос													
8	Яровий ячмінЬ													

### Практичне завдання:

Використовуючи наведений порядок розрахунку балансу гумусу в ґрунті (п.5.1) розрахувати баланс гумусу в ґрунті сівозміни, яка надана в табл. 5.1; 5.5 – 5.7. Варіант виконання надає викладач.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке гумус?
2. Вміст гумусу в ґрунті. Від чого він залежить?
3. Вплив вмісту гумусу на фізичні показники ґрунту.
4. Що таке детрити?
5. Що таке гумусові речовини? На які фракції вони поділяються?
6. Від чого залежить ефективність добрив?
7. Які ви знаєте прийоми створення бездефіцитного балансу органічних речовин?
8. Джерела поповнення ґрунту органічними речовинами.
9. Як розраховується маса органічних речовин, що потрапляють у ґрунт?
10. Використання органічних добрив.
11. Що впливає на процеси гумусоутворення?
12. Який вплив рослинних залишків на поповнення органічних речовин у ґрунті?
13. Як впливають органічні добрива та солома на родючість ґрунту?
14. Як впливають сидерати на родючість ґрунту?
15. Які ви знаєте заходи відтворення родючості ґрунту?



## 6 Практична робота № 6

### «Оцінка токсичності пестицидів та їх кумулятивної дії»

#### 6.1 Теоретичні основи

**Пестициди** – загальна назва хімічних речовин, що є засобами захисту сільськогосподарських рослин від шкідників, хвороб, бур'янів.

Їх поділяють на пестициди першого (сірка, сполуки миш'яку, свинцю, ртуті, нікотин, сульфати, піретрум) і другого покоління (фосфор-, хлор- і ртутьорганічні сполуки, карбонати, ціаніди, купрумвмісні речовини). До пестицидів відносяться: інсектициди (засоби для знищення шкідливих комах), фунгіциди (засоби для боротьби з грибними хворобами), гербіциди (засоби для знищення бур'янів), дефоліанти (засоби для видалення листя), бактерициди (засоби для боротьби з бактеріальними хворобами), арборициди (засоби для знищення небажаної деревної рослинності) тощо.

Пестициди є у воді, повітрі, ґрунті, організмах тварин і людей. У ґрунт пестициди потрапляють з протруєним насінням, під час хімічної обробки рослин, з рослинними рештками, а також з органічними добривами. На сьогодні особливо актуальною є проблема запобігання забрудненню пестицидами продуктів харчування. В продуктах харчування найчастіше зустрічаються алдрін, тіофос, карбофос та давно заборонений ДДТ.

Потрапляючи різними шляхами в організм людини (через легені, шлунково-кишковий тракт, шкіру), пестициди можуть спричинити небажані наслідки. небезпека отруєння людей виникає не тільки при безпосередньому контакті із засобами хімічного захисту рослин, але й при виконанні робіт по догляду за посівами, обробленими пестицидами. Під час застосування у сільськогосподарському виробництві пестициди можуть проникати в організм людини через органи дихання і відкриті ділянки шкіри, а їх дія на організм працюючих може посилюватись або послаблюватись фізичними факторами навколишнього середовища. Найчастіше інтоксикація відбувається при перебуванні людей в полі протягом першого тижня після застосування хімічних засобів захисту рослин. Отруєння пестицидами другого покоління спричинює інтоксикацію організму людини, загальне його отруєння. Так, фосфорорганічні сполуки зумовлюють порушення функцій серцево-судинної системи, розширення кровоносних судин, викликають головні болі тощо. Хлорорганічні

сполуки негативно впливають на центральну нервову систему, верхні дихальні шляхи і роботу печінки.

**Токсичність** — це здатність хімічних речовин викликати отруєння, яке супроводжується порушенням стану організму і його функцій. Отруйними вважають лише ті речовини, які проявляють шкідливу дію у звичайних умовах і потрапляють в організм у відносно малих кількостях. Токсичність речовин встановлюють за результатами лабораторних досліджень (на пацюках, мишах, морських свинках), під час яких встановлюють токсичність різних речовин, а отримані дані використовують в гігієнічному нормуванні шкідливих факторів. Токсичну дію пестицидів класифікують за ступенями токсичності і за ступенем небезпеки, тобто за ступенем загрози для життя людини (ГОСТ 12.1.007-76).

**Порогова концентрація** – найменша кількість речовини, що викликає зміни в організмі за відсутності зовнішніх ознак отруєння.

**Летальна доза (ЛД50)** – найменша кількість пестициду отримана однієї дозою, що викликає загибель близько 50% експериментальних тварин.

**Зона токсичної дії** – відношення ЛД50 до порогової концентрації, яке показує у скільки разів ЛД50 перевищує порогову концентрацію речовини. Чим менша зона токсичної дії, тим вища небезпека гострого отруєння.

Відомо, що ефект токсичної дії різних речовин залежить від того, в якій кількості і якими шляхами вони потрапляють до організму людини. Для характеристики пестицидів, які володіють шкірно-резорбтивною токсичністю (тобто викликають місцеві запальні та некротичні зміни шкірних покривів у поєднанні з загальною ітоксикацією організму внаслідок всмоктування токсичної речовини у кров), використовують шкірно-оральний коефіцієнт.

Шкірно-оральний коефіцієнт розраховують як відношення дози ЛД50 при введенні речовини на шкіру до дози ЛД50 при введенні речовини у шлунок.

**Класифікації пестицидів.** Аналізуючи проблему впливу хімічних засобів захисту рослин на навколишнє середовище, неможливо обмежитися загальним терміном “пестициди”, не беручи до уваги суттєвих відмінностей у поведінці окремих препаратів та їх груп у біосфері. За наявності великого асортименту пестицидів важливого значення набуває їх класифікація залежно від призначення, хімічної природи, патогенних властивостей для людей та теплокровних тварин, а також різноманітних екологічних особливостей.

Існує декілька поширених класифікацій пестицидів:

*Виробнича класифікація* – класифікація, заснована на розподілі речовин за їх виробничим призначенням (гербіциди – для боротьби з бур’янами, акарициди

– для знищення кліщів, арборициди – для знищення небажаної дерев'янистої та чагарникової рослинності, інсектициди – для боротьби з комахами тощо).

*Хімічна класифікація* – класифікація, в основу якої покладено принцип групування речовин за класами хімічних сполук з подібними властивостями й складом (хлорорганічні, фосфорорганічні та інші групи).

*Токсиколого-гігієнічна класифікація* – класифікація, заснована на показниках токсичності препаратів для біологічних об'єктів з урахуванням їх здатності циркулювати у біосфері.

Остання класифікація є дуже важливою для агроєкології, оскільки вона бере до уваги екологічні наслідки застосування пестицидів у навколишньому середовищі стосовно об'єктів флори та фауни.

### **Показники токсиколого-гігієнічної оцінки пестицидів**

На основі всебічної оцінки кожного пестициду дослідні установи проводять ретельний добір препаратів для використання в народному господарстві за показниками, покладеними в основу гігієнічної класифікації пестицидів.

Для оцінки екологічної небезпеки пестицидів ураховують такі показники токсичності:

**Порогова концентрація** – найменша кількість речовини, здатна викликати зміни в організмі, які визначаються чутливими біохімічними та фізіологічними тестами за відсутності зовнішніх ознак отруєння тварини.

**Токсична несмертельна концентрація** – найменша кількість речовини, що викликає помітні прояви отруєння без смертельного кінця. Токсична смертельна концентрація – найменша кількість речовини, що викликає отруєння зі смертельним кінцем. Для прогнозування небезпеки гострого отруєння визначають середні смертельні (летальні) дози –  $LD_{50}$ , тобто дози, що викликають загибель 50 % тварин, а також *зону токсичної дії* – тобто відношення  $LD_{50}$  до порогової концентрації. Чим це відношення менше, тим вужча зона токсичної дії і, відповідно, більша небезпека гострого отруєння. Наприклад, використання тіофосу заборонено через вузьку зону токсичної дії: його порогова концентрація 3 мг/кг маси тварини, а  $LD_{50}$  – 10 мг/кг.

Для токсиколого-гігієнічної оцінки пестицидів використовують шкалу.

Таблиця 6.1. – Шкала токсиколого-гігієнічної класифікації пестицидів

Клас	Група загальної токсичності	Зона токсичної дії	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг живої ваги тварини	
			при потраплянні через травний канал	при потраплянні через шкіру
I	Сильнодіючий	<6	До 15	До 100
II	Високотоксичний	6,1—18	15-150	101-500
III	Середньотоксичний	18,1—54	151-5000	501-2500
IV	Малотоксичний	>54	Більше 5000	Більше 2500

Екологічна небезпека препаратів для теплокровних значною мірою зумовлена так званою шкірно-резорбтивною токсичністю, яку визначають шкірно-оральним коефіцієнтом. Шкірно-оральний коефіцієнт – це відношення величини середньої смертельної дози (ЛД<sub>50</sub>), встановленої при введенні речовини на шкіру, до середньої смертельної дози при введенні до шлунку (табл. 6.2)

Таблиця 6.2. - Шкала шкірно-резорбтивної токсичності препаратів за шкірно-оральним коефіцієнтом

Клас	Шкірно-оральний коефіцієнт	Шкірно-резорбтивна токсичність
I	1	Різко виражена
II	1–3	Виражена
III	понад 3	Слабовиражена

З погляду охорони повітряного середовища та його небезпечності для здоров'я людей і тварин пестициди розподіляють за ступенем летючості (табл. 6.3) на основі насичувальної концентрації, тобто максимальної кількості речовини, що може перебувати у паровій фазі в одиниці об'єму повітря за умов нормального атмосферного тиску та певної температури

Кумулятивну здатність пестицидів оцінюють за коефіцієнтом кумуляції – відношенням сумарної ЛД<sub>50</sub> за багаторазового введення до ЛД<sub>50</sub> за однократного введення (табл. 6.4).

Стійкість пестицидів оцінюється за тривалістю їх розкладу до нетоксичних компонентів у різних біологічних об'єктах, ґрунті тощо (табл. 6.5).

Таблиця 6.3. – Класифікація пестицидів за летючістю

Клас	Категорія пестициду	Ступінь летючості
I	Дуже небезпечний	Насичувальна концентрація однакова або більше токсичної
II	Небезпечний	Насичувальна концентрація більше порогової
III	Малонебезпечний	Насичувальна концентрація менше порогової

Таблиця 6.4. - Класифікація пестицидів за кумулятивною здатністю

Клас	Коефіцієнт кумуляції	Категорія пестициду
I	менше 1	Дуже кумулятивний
II	1–3	Кумулятивний
III	3–5	Помірно кумулятивний
IV	понад 5	Слабокумулятивний

Таблиця 6.5. - Класифікація пестицидів за стійкістю у навколишньому середовищі

Клас	Тривалість розпаду, місяців	Категорія пестициду
I	6–24	Стійкий
II	1–6	Помірно стійкий
III	до 1	Малостійкий

Ці гігієнічні критерії оцінки й класифікація пестицидів за ступенем їхньої шкідливості ухвалені Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Ними користується абсолютна більшість держав, зокрема Україна, за гігієнічної оцінки нових пестицидів, складання висновків про можливість використання нових препаратів у сільському господарстві, регламентації гігієнічних нормативів їх застосування тощо. Цю класифікацію беруть до уваги під час оцінювання результатів експертизи харчових продуктів, отриманих від тварин та рослин. Якщо препарат хоча б за одним із показників належить до I групи

гігієнічної класифікації, його визнають дуже небезпечним для людей та теплокровних тварин і не допускають до впровадження у виробництво.

**Екологізація захисту рослин** Екологічна небезпека пестицидів, їх нагромадження в навколишньому середовищі змусили шукати нові підходи до організації захисних технологій. Унаслідок цього запропоновано інтегровані системи захисту рослин, що мають природоохоронний напрям. Інтегровані системи захисту рослин передбачають загальне підвищення культури сільськогосподарського виробництва, дотримання сівозмін, переважне вирощування стійких сортів та гібридів, створення умов, що пригнічують розмноження популяцій шкідників та збудників хвороб і позбавляють їх можливості зберігатися в резерваціях у несприятливі сезони року, а також раціональне застосування пестицидів, мікробіологічних препаратів та ентомофагів.

**Агротехнічний метод** є одним із основних в інтегрованих системах. Більшість агротехнічних заходів мають профілактичний характер, запобігають розмноженню шкідливих комах і допомагають безпосередньо знищити бур'яни. Найголовнішими агротехнічними заходами в інтегрованих системах є: сівозмінна, система обробітку ґрунту, система добрив, очищення й сортування насіння, строки та способи сівби, боротьба з бур'янами, а також терміни й способи збирання врожаю.

**Біологічний метод** є найбільш перспективним та ефективним методом скорочення кількості застосування пестицидів. Біологічний метод регулювання чисельності шкідників розвивається у двох напрямках. Перший пов'язаний з розробленням заходів, що активізують природні ресурси корисних організмів-ентомофагів, а також застосуванням токсичних речовин із мінімальним негативним впливом. Другий напрям полягає у застосуванні засобів біологічної боротьби зі шкідниками й хворобами (статеві феромони, гормони, атрактанти та антифіданти тощо).

**Хімічний метод** передбачає саме використання пестицидів. Перевага цього методу безумовно полягає в можливості швидкого й ефективного застосування, однак метод має суттєві недоліки через пряму та побічну дію цих хімікатів.

**Механічний метод** є дуже трудомістким, тому його застосовують переважно в найбільш інтенсивних галузях рослинництва, зокрема у плідівництві. Застосовують такі заходи, як улаштування перешкод для

шкідників, збирання і знищення шкідників, використання принад, ловильних споруд тощо.

**Фізичний метод** зводиться до регуляції температурного режиму під час зберігання та переробки сільськогосподарської продукції, влаштування клейових та інших пасток тощо. Іноді застосовують дезинсекцію складів та насіння за допомогою токів високої частоти іонізуючого випромінювання. До цих методів варто віднести також сушіння насіння й зернових продуктів.

**Карантинні заходи** спрямовані на запобігання ввезенню в країну нових видів шкідників і хвороб, а також на виявлення, обмеження та ліквідацію спалахів розмноження хвороб і шкідників у системі установ Державної карантинної інспекції

## 6.2 Практична частина

1. Використовуючи експериментальні дані (табл. 6.6) визначити групу токсичності, зону токсичної дії та шкірно-резорбтивну токсичність нових інсектицидних препаратів

Таблиця 6.6. - Вихідні дані для розрахунків

Номер препарату	Летальна доза (ЛД <sub>50</sub> ), мг/кг		Порогова концентрація, мг/кг
	При потраплянні у шлунок	При потраплянні через шкіру	
1	28,1	145,8	4,5
2	159,9	650,1	35,2
3	388,6	1300,2	40,4
4	568,0	1175,0	103,6
5	894,3	4235,6	218,0
6	1195,8	1368,0	194,8

За результатами розрахунків оцінити та порівняти ступінь екологічної безпеки даних препаратів.

2. Визначити групу загальної токсичності препарату за ЛД<sub>50</sub> при потраплянні препарату в організм через травний канал та через шкіру за

класифікаційною шкалою (табл. 6.1).

3. Розрахувати зону токсичної дії препаратів, поділивши ЛД50 при оральному потраплянні на порогову концентрацію. Визначити клас токсичності за зоною токсичної дії (див. табл. 6.2).

4. Розрахувати шкірно-оральний коефіцієнт діленням ЛД50 при введенні речовини на шкіру на ЛД50 при введенні в шлунок. Визначити клас шкірнорезорбтивної токсичності за класифікаційною шкалою (табл. 6.3).

5. Отримані результати оформити у вигляді таблиці 6.6.

Таблиця 6.6. – Результати розрахунків показників токсичності нових інсектицидних препаратів

Номер препарату	Клас небезпеки за групою загальної токсичності		Зона токсичної дії препарату	Клас небезпеки за зоною токсичної дії	Шкірно-оральний коефіцієнт	Клас шкірно-резорбтивної токсичності
	При потраплянні у шлунок	При потраплянні через шкіру				
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**Увага!** Якщо препарат хоча б за одним із показників належить до I класу, він не допускається до використання.

6. Визначити інтегральний показник токсичності препаратів, який враховує токсиколого-гігієнічні і екотоксикологічні аспекти, за формулою:

$$I_n = K_1 + K_2 + K_3 + K_4, \quad (6.1)$$

де  $I_n$  — інтегральний показник токсичності препарату;  $K_1, K_2$  — класи небезпеки пестицидів за групою загальної токсичності при потраплянні у шлунок та при потраплянні на шкіру;  $K_3$  — клас небезпеки за зоною токсичної дії;  $K_4$  — клас шкірно-резорбтивної токсичності для теплокровних тварин і людини.



Відповідно до розрахунків оцінити токсичність пестицидів на основі інтегральної класифікації за шкалою, що передбачає такі ступені небезпеки: особливо небезпечні (до 4); небезпечні (4 – 8); помірно небезпечні (9 – 12); малонебезпечні (13 – 15).

7. У висновку дати порівняльну оцінку пестицидних препаратів щодо перспективи їх подальшого використання.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке захист рослин? Що включає поняття «шкідливі організми»?
2. Що таке пестициди? За якими ознаками класифікують пестициди на групи?
3. Якими хімічними сполуками представлені різні групи пестицидів? Які з них менш токсичні?
4. Які організації здійснюють контроль за застосуванням пестицидів? Назвіть заходи безпеки при роботі з пестицидними препаратами.
5. Розкрийте ефективність та негативні прояви використання пестицидів у сільському господарстві.
6. Назвіть шляхи міграції пестицидів у біосфері. Які властивості пестицидів впливають на тривалість їх циркуляції в біосфері?
7. В чому полягає механізм біоконцентрації пестицидів?
8. В чому проявляється негативний вплив пестицидів на здоров'я людини?
9. Назвіть показники токсиколого-гігієнічної оцінки пестицидів.
10. У чому полягають екологічні вимоги до пестицидних препаратів?
11. Назвіть шляхи зменшення надходження пестицидів у навколишнє середовище. Яка в цьому роль застосування біопрепаратів регуляторів росту рослин?

## 7 Практична робота № 7

### «Визначення дози поживної речовини у формі органічних та мінеральних добрив»

#### 7.1 Теоретичні основи

##### Способи визначення оптимальних доз добрив

В даний час в літературі описано більше 40 способів визначення доз добрив. Зупинимося лише на деяких достоїнствах і недоліках основних груп способів, які використовуються в практиці агрохімічного обслуговування сільського господарства.

*Спосіб, заснований на прямому використуванні результатів польових дослідів з добривами.* Цей спосіб має істотні недоліки в зв'язку з тим, що використані для вивчення доз добрив схеми дослідів не охоплюють весь діапазон зміни доз добрив і внаслідок цього не дозволяють виявити дійсно оптимальні дози і співвідношення добрив на планований урожай; досліді проводяться на одних полях, а результати рекомендуються для безлічі інших полів зони, які по родючості ґрунту істотно відрізняються від дослідної ділянки. Використання поправок до середніх доз добрив, які враховують дані агрохімічних аналізів ґрунтів конкретного поля, хоча і знижує вірогідність грубих помилок, але не забезпечує отримання максимального ефекту, оскільки поправочні коефіцієнти орієнтовні.

Перший недолік способу визначення доз добрив за даними польового досліді усувається при використанні математичного методу планування експерименту з внесенням добрив.

Проте, в зв'язку з тим, що факторіальні схеми не включають показники ґрунтової родючості, не враховують післядії добрив і багато інших чинників, розраховані дози добрив мають локальне значення, тобто вони зберігають свою оптимальність тільки на дослідному полі і в рік проведення експерименту.

*Математико-статистичні методи з виконанням розрахунків на ПЕОМ.* Останнім часом в багатьох країнах, для визначення доз добрив з урахуванням впливу показників родючості ґрунту та інших чинників використовують математико-статистичні методи з виконанням розрахунків на ПЕОМ. На першому етапі досліджень широке розповсюдження отримали виробничі функції, які виражають кількісну залежність урожаю від рівня чинників

виращування, до яких відносяться дози добрив, показники ґрунтової родючості та ін.

В основі отримання виробничих функцій лежить метод статистичної обробки даних звітів наукових установ, сортодільниць, господарств про зміну урожаю залежно від особливості ґрунту і використання добрив. Проте в зв'язку з недостатністю і невеликою тривалістю досліджень, які проводяться за єдиною методикою і в однакових умовах, для моделей цього типу характерне значне спотворення реальних зв'язків урожаю з дозами добрив.

*Спосіб нормативного балансу.* Вживання цього способу дозволяє контролювати і регулювати родючість ґрунту (при необмежених ресурсах добрив). Але є і недоліки, пов'язані з тим, що дані про винесення поживних речовин з урожаем неточні (по довіднику), а коефіцієнти розподілу, які є похідними від коефіцієнтів використання поживних речовин з добрив, можуть істотно змінюватися.

*Спосіб диференційованого балансу.* Він враховує біологічні особливості рослин, заплановану урожайність, тип ґрунту, механічний склад, кислотність, вміст рухомих форм поживних речовин, дію і післядію органічних добрив. Проте вміст поживних речовин і кислотність встановлюються у ґрунті неточно (за шкалою), не передбачається рішення задачі отримання максимального ефекту від добрив при обмежених їх ресурсах (в рік внесення).

*Спосіб елементарного балансу.* Найбільш широко застосовується при програмуванні урожаю, відрізняється логічністю і простотою розрахункової схеми, але має й недоліки. Винесення поживних речовин на одиницю продукції і коефіцієнти використання поживних речовин з добрив і ґрунту сильно варіюють залежно від родючості ґрунту, біологічних особливостей рослин, погодних умов та інших чинників. Значення цих коефіцієнтів не завжди можна встановити з необхідною точністю, тому відхилення розрахункових доз добрив від фактичної потреби рослин в поживних речовинах на плановану урожайність, за даними перевищують 50 %.

В зв'язку з цим важливим є розробка більш точного способу, який дозволяв би визначати дози добрив на плановану урожайність з помилкою, порівняною з помилкою визначення рухомих форм поживних речовин у ґрунті, поєднувати логічність і простоту розрахункової схеми способу елементарного балансу з перевагами нормативного способу, а також не мав би описаних вище основних недоліків — непостійність коефіцієнтів використання поживних речовин з ґрунту і добрив і винесення з урожаем. При цьому можливі два шляхи:

визначення значення коефіцієнтів як функції багатьох змінних і розробка нової схеми балансового розрахунку, в якій застосовуються менш варіюючі коефіцієнти.

## 7.2 Практична частина

### «Визначення дози поживної речовини у формі органічних добрив»

#### Приклад розрахунку

При розрахунку оптимальних доз добрив виходимо з наступних припущень (тобто з аналізу інформації про дію добрив на урожай рослин):

1. В межах оптимальних доз дію кожного виду поживної речовини згідно принципу лімітації можна вважати незалежною.

2. Для підвищення точності визначення доз добрив на плановану урожайність необхідно всі джерела і форми кожного з елементів живлення, які відрізняються по ступеню засвоюваності рослинами, привести до форми, еквівалентної за дією на урожай поживної речовини вживаного мінерального добрива.

При визначенні дози поживної речовини у формі органічних добрив використовують рівняння (7.1):

$$X_{oo} = (C_x Y - m_x X_n - m_{xsc} - X_{oc}) \div m_{xoo}, \quad (7.1)$$

де  $X_{oo}$  – доза поживної речовини у формі органічного добрива на плановану урожайність, кг/га;

$m_{xoo}$  – коефіцієнт еквівалентності поживної речовини органічного добрива по дії на урожай поживній речовині вживаного мінерального добрива, кг/кг.

Для перерахунку дози поживної речовини органічного добрива ( $X_{oo}$ , кг/га) в дозу органічного добрива ( $OY$ , т/га) застосовують таке рівняння

$$OY = X_{oo} \div 10PX, \quad (7.2)$$

де  $PX$  – вміст поживної речовини в органічному добриві % (табл. 7.5).

В табл. 7.1 – 7.4 наведені значення  $C_x$ ,  $m_x$ ,  $m_{xoo}$ ,  $m_{xcc}$ .

При визначенні дози поживної речовини у формі органічних добрив використовуємо рівняння (7.1). Розрахунок дози поживної речовини у формі органічних добрив виконуємо окремо для кожного елементу окремо (азоту, фосфору і калію).

На початку визначаємо дозу поживної речовини у формі органічних добрив для азоту. В рівняння (7.2) підставляємо значення  $C_N = 2,6$  кг/ц (табл. 7.1), з табл. 7.4 визначаємо плановану урожайність. Середня урожайність озимої пшениці на південному чорноземі суглинковому складає 36,9 ц/га. Визначаємо з табл. 7.2  $m_N = 19$  кг/мг = 0,0019 кг/кг. З табл. 7.2, для прикладу візьмемо гній на солом'яній підстилці (напівперепрілий),  $m_{Noo} = 0,5$  кг/кг. Кількість  $X_{oc}$  азоту, що надходить з опадами, дорівнює 0.

$$X_{Noo} = (2,6 \cdot 36,9 - 0,0019 - 0) \div 0,5 = 192 \text{ кг/га.}$$

Доза поживної речовини у формі органічних добрив для азоту складає 192 кг/га.

Тепер виконуємо аналогічно розрахунок дози поживної речовини у формі органічних добрив для фосфору. В рівняння (7.2) підставляємо значення  $C_p = 2,4$  кг/ц (табл. 7.1), з табл. 7.3 визначаємо плановану урожайність, на південному чорноземі суглинковому. Середня урожайність озимої пшениці складає 36,9 ц/га. Визначаємо з табл. 7.2 для однорічних трав і зернових  $m_p = 34$  кг/мг = 0,0034 кг/кг. Вміст поживної речовини у ґрунті, задається  $X_p$  залежно від типу ґрунту з табл. 7.4. В нашому прикладі для чорнозему південного суглинкового він дорівнює 117,1 мг/кг = 11,7 мг/100г·30 (коефіцієнт переведення мг/г в кг/га),  $X_p = 351$  кг/га. Визначаємо з табл. 7.2  $m_{poo} = 1,1$  кг/кг.

$$X_{poo} = (2,4 \cdot 36,9 - 0,0034 \cdot 351) \div 1,1 = 79,4 \text{ кг/га.}$$

Доза поживної речовини у формі органічних добрив для фосфору складає 79,4 кг/га.

Тепер виконуємо аналогічно розрахунок дози поживної речовини у формі органічних добрив для калію. В рівняння (7.1) підставляємо значення

Таблиця 7.1. – Показники витрат поживних речовин, кг/100 кг  
сухої речовини загальної біомаси

Культура	$C'_x$ (при плануванні економічно доцільного урожаю)			$C_x$ (при плануванні максимального урожаю)		
	$C'_N$	$C'_P$	$C'_K$	$C_N$	$C_P$	$C_K$
Ячмінь (середньостиглі сорти)	2,0	1,8	2,0	2,6	2,5	2,8
Ячмінь(короткостеблові сорти)	2,2	2,0	2,2	2,9	2,8	3,0
Овес (середньостиглі сорти)	2,0	1,8	2,0	2,6	2,5	2,8
Озима пшениця(середньостиглі сорти)	1,8	1,8	1,8	2,6	2,4	2,4
Озиме жито (високорослі сорти)	3,6	2,2	4,0	4,7	3,2	4,6
Горох(середньостиглі сорти)	1,7	2,1	2,5	2,2	2,5	3,5
Ячмінь(75 %) + горох(25 %)	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	3,0
Вика + овес, горох + овес на корм	2,2	2,7	3,8	3,0	3,5	4,5
Кукурудза	1,8	1,6	1,9	2,4	2,3	2,5
Буряк кормовий	2,8	2,1	2,7	3,8	2,8	3,7
Картопля	2,4	2,5	4,3	3,2	3,3	5,7
Рапс яровий	2,0	1,8	1,9	2,6	2,5	2,4
Суданська трава	3,0	2,3	3,0	4,0	3,2	4,0
Соняшник	3,4	3,0	3,7	4,2	3,2	4,6
Багаторічні злакові трави, райграс однорічний	3,8	3,3	3,8	5,1	4,3	5,1
Люцерна строкатогібридна	0,8	3,2	4,0	1,1	4,2	5,1
Конюшина лугова	0,6	3,2	4,0	1,1	4,2	5,3
Конюшина + тимофіївка при вмісті конюшини % за площею живлення:						
20	1,8	3,0	3,5	2,4	3,9	4,6
40	1,5	3,1	3,7	2,1	4,0	4,8
60	1,3	3,2	3,8	1,7	4,1	5,0
80	2,0	2,0	1,9	2,7	2,7	2,5

Таблиця 7.2. – Значення коефіцієнтів еквівалентності поживних речовин ґрунту і органічних добрив до поживних речовин мінеральних добрив

Коефіцієнт еквівалентності	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Значення коефіцієнтів $m_{NPK}$		
		для багаторічних трав	для однорічних трав і зернових	для просапних культур
Ґрунтові еквіваленти				
$m_N$ , кг/кг	1,25	20-22	19	25
	1,35	17-19	16	21
	1,45	14-16	13	17
$m_P$ , кг/кг	1,35	35	34	35
$m_K$ , кг/кг	1,35	40	40	40
Гній на солом'яній підстилці (напівперепрілий)				
$m_{N_{00}}$ , кг/кг	1,35	0,5	0,5	0,6
$m_{P_{00}}$ , кг/кг	1,35	1,1	1,1	1,2
$m_{K_{00}}$ , кг/кг	1,35	0,9	0,9	1,0
Безпідстильний гній (весняне внесення)				
$m_{N_{00}}$ , кг/кг	1,35	0,7	0,7	0,8
$m_{P_{00}}$ , кг/кг	1,35	0,8	0,8	0,9
$m_{K_{00}}$ , кг/кг	1,35	0,9	0,9	1,0
Азот, фіксований травами бобів				
$m_{N\Phi}$ , кг/кг	-	0,6	0,5	0,6

Таблиця 7.3. – Продуктивність основних типів ґрунтів

Ґрунти	Урожайність озимої пшениці, ц/га		
	середня	середня з високих	максимальна
Дерново-підзолисті:			
супіщані	26,2	47,0	64,9
суглинкові	32,3	53,5	68,0
Дерново-підзолисті глеюваті:			
супіщані	25,1	43,3	53,9
суглинкові	32,3	54,0	61,8
Дерново-підзолисті глеєві:			
супіщані	19,9	29,5	31,5
суглинкові	30,4	39,9	46,0
Дернові опідзолені супіщані	24,5	34,3	36,7
Дернові супіщані	32,8	40,7	44,8
Світло-сірі лісові:			
супіщані	26,3	38,1	41,9
суглинкові	30,5	44,5	54,0
Сірі лісові:			
супіщані	33,0	58,3	66,3
суглинкові	38,2	56,9	72,3
глеюваті суглинкові	26,3	37,6	43,9
глеєві суглинкові	34,2	42,7	46,5
Темно-сірі лісові:			
суглинкові	34,6	51,9	65,0
глеюваті суглинкові	28,0	43,3	49,8
Чорноземи опідзолені:			
супіщані	30,6	39,6	43,0
суглинкові	38,8	60,9	76,9
Чорноземи:			
вилуговані суглинкові	35,4	57,1	68,2
реградовані суглинкові	38,5	59,1	72,0
Чорноземи типові:			
супіщані	31,9	44,7	47,2
суглинкові	39,0	61,9	79,8
Чорноземи звичайні:			
глибокі суглинкові	37,3	54,8	66,7
неглибокі суглинкові	37,6	53,4	62,8
глибокі міцелярні карбонатні суглинкові	39,0	45,7	49,5
міцелярно-карбонатні суглинкові	32,8	43,5	50,1
неглибокі міцелярно-карбонатні суглинкові	31,5	42,7	49,6



Продовження таблиці 7.3

Ґрунти	Урожайність озимої пшениці, ц/га		
	середня	середня з високих	максимальна
Чорноземи південні: Суглинкові	36,9	55,6	70,1
Солонцюваті суглинкові	36,0	59,6	69,8
Темно-каштанові слабо солонцюваті суглинкові	38,6	61,6	77,4
Лучні глеюваті суглинкові	56,4	59,2	60,7
Чорноземи передгірні суглинкові	34,2	44,0	49,6

Таблиця 7.4. – Агрохімічні показники та запаси продуктивної вологи, які забезпечують високі урожаї озимої пшениці

Ґрунти	Агрохімічні показники			Запаси продуктивної вологи у шарі, мм	
	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	0-50 см	0-100 см
		мг/кг ґрунту			
Дерново-підзолисті: Супіщані	2,5	69,5	77	74	147
Суглинкові	2,0	122	147,1	98	199
Дерново-підзолисті глеюваті: Супіщані	1,4	150	140	67	119
Суглинкові	2,5	-	87	70	210
Дерново-підзолисті глеєві: Супіщані	1,5	-	-	-	-
Суглинкові	2,4	117	156	110	202
Дернові опідзолені супіщані	2,3	-	-	-	-
Дернові супіщані	2,2	158	140	94	199
Світло-сірі лісові: Супіщані	1,1	-	-	-	-
Суглинкові	1,8	183,3	133	67	140
Сірі лісові: Супіщані	1,1	108	78	73	133
Суглинкові	2,2	127	129,3	73	144
глеюваті суглинкові	2,5	-	116,5	-	-
глеєві суглинкові	2,7	140,4	130,3	-	-

Продовження таблиці 7.4

Ґрунти	Агрохімічні показники			Запаси продуктивної вологи у шарі, мм	
	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	0-50 см	0-100 см
		мг/кг ґрунту			
Темно-сірі лісові:					
Суглинкові	2,5	133,6	97,8	71	142
глеюваті суглинкові	3,0	-	-	-	-
Чорноземи опідзолені:					
Супіщані	3,4	80	65	-	-
Суглинкові	3,1	107,4	117,7	62	125
глеюваті суглинкові	3,6	-	103,7	-	-
Чорноземи:					
вилуговані суглинкові	3,2	101,7	75	80	156
реградовані суглинкові	4,1	109,5	105,2	65	126
Чорноземи типові:					
супіщані	1,8	90	-	-	-
суглинкові	3,7	125,4	115,2	62	122
Чорноземи звичайні:					
глибокі суглинкові	4,5	97,4	105,9	51	103
неглибокі суглинкові	4,2	102	290,1	51	100
глибокі міцелярно-карбонатні суглинкові	3,7	90	140	-	-
міцелярно-карбонатні суглинкові	4,2	99,3	176,7	45	81
неглибокі міцелярно-карбонатні суглинкові	3,1	96	-	37	57
Чорноземи південні:					
суглинкові	3,6	117,1	238,3	48	95
солонцюваті суглинкові	3,5	47	410	52	111
Темно-каштанові слабко солонцюваті суглинкові	2,3	-	210	40	79
Лучні глеюваті суглинкові	2,3	133	48	-	-
Чорноземи передгірні суглинкові	2,3	30	225	-	-

$C_K = 2,4$  кг/ц (табл. 7.1), з табл. 7.3 визначаємо плановану урожайність, на південному чорноземі суглинковому, середня урожайність озимої пшениці складає 36,9 ц/га. Визначаємо  $m_K$  з табл. 7.2 для однорічних трав і зернових він дорівнює  $40$  кг/мг =  $0,0040$  кг/кг.

Вміст поживної речовини в ґрунті  $X_K$  задається залежно від типу ґрунту з табл. 7.4, в нашому прикладі для чорнозему південного суглинкового  $X_K = 238,3$  мг/кг =  $23,83$  мг/100г·30 (коефіцієнт переведення з мг/г в кг/га),  $X_K = 715$  кг/га. Визначаємо з табл. 7.2  $m_{Koo} = 0,9$  кг/кг.

$$X_{Koo} = (2,4 \cdot 36,9 - 0,0040 \cdot 715) \div 0,9 = 95,2 \text{ кг/га.}$$

Доза поживної речовини у формі органічних добрив для калію складає  $95,2$  кг/га.

Для перерахунку дози поживної речовини органічного добрива ( $X_{oo}$ , кг/га) в дозу органічного добрива (ОУ, т/га) застосовується рівняння (7.2). Розрахунок проводиться для кожного елемента окремо (азоту, фосфору і калію).

У рівняння (7.2) підставляємо значення  $X_{Noo} = 192$  кг/га, ПХ =  $5,4$  кг/т (табл. 7.5).

$$OU_N = 192 \div 10 \cdot 5,4 = 3,5 \text{ т/га.}$$

Доза органічного добрива для азоту складає  $3,5$  т/га.

Аналогічно визначаємо дозу органічного добрива для фосфору. В рівняння (7.3) підставляємо значення  $X_{Poo} = 79,4$  кг/га, ПХ =  $2,8$  т/га (табл. 7.5).

$$OU_P = 79,4 \div 10 \cdot 2,8 = 2,8 \text{ т/га.}$$

Доза органічного добрива для фосфору складає  $2,8$  т/га.

Аналогічно визначаємо дозу органічного добрива для калію. В рівняння (7.2) підставляємо значення  $X_{Koo} = 95,2$  кг/га, ПХ =  $6,0$  т/га (табл. 7.5).

$$OU_K = 95,2 \div 10 \cdot 6,0 = 1,6 \text{ т/га.}$$

Доза органічного добрива для калію складає  $1,6$  т/га.

Таблиця 7.5. – Вміст поживних речовин в органічних добривах (за даними агрохімічних лабораторій)

Вид добрив	Вологість, %	Макроелементів, кг/т				
		N	P2O5	K2O	CaO	MgO
Підстилковий гній						
Великої рогатої худоби	65	5,4	2,8	6,0	-	-
Свинячий	61	8,4	5,8	6,2	-	-
Кінський	69	5,9	2,6	5,9	-	-
Овечий	49	8,6	4,7	8,8	-	-
В середньому	62	6,2	3,4	6,4	2,0	-
Безпідстилковий гній						
Великої рогатої худоби	88,5	4,0	2,5	5,0	1,0	1,0
Свинячий	89,5	5,0	3,5	2,5	2,0	1,0
Рідкий гній						
Великої рогатої худоби	93	2,2	-	-	-	-
Свинячий	92	4,0	2,5	2,8	-	-
Пташиний послід						
Курячий	72	16	17	9	24	8
Гусячий	82	6	5	11	7	3
Качиний	70	10	15	5	17	4
Зелені добрива						
Люпин	-	5,3	1,2	2,1	-	-
Стічні води (після відстоювання)						
Великої рогатої худоби	99,4	1,4	0,19	1,0	-	-
Свинячі	99,7	1,0	0,19	0,26	-	-

## **Завдання до виконання:**

Використовуючи приклад, наведений в п.7.2 розрахувати:

1. Дозу поживної речовини у формі органічних добрив окремо для кожного елементу - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на дерново-опідзолених супіщаних ґрунтах. Органічне добриво - безпідстильний гній (весняне внесення).

2. Дозу поживної речовини у формі органічних добрив окремо для кожного елементу - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на чорноземі опідзолених суглинкових. Органічне добриво - гній на солом'яній підстилці (напівперепрілий).

3. Дозу поживної речовини у формі органічних добрив окремо для кожного елементу - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на чорноземі реградованому суглинковому. Органічне добриво – безпідстилковий гній.

4. Дозу поживної речовини у формі органічних добрив окремо для кожного елементу - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на темно-каштановому слабо-солонцювату суглинкові. Органічне добриво – рідкий гній.

5. Дозу поживної речовини у формі органічних добрив окремо для кожного елементу - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на лучному глеювату суглинкові. Органічне добриво – безпідстилковий гній.

### **«Визначення дози поживної речовини у формі мінеральних добрив»**

При розрахунку оптимальних доз добрив виходимо з наступних припущень (тобто з аналізу інформації про дію добрив на урожай рослин):

1. В межах оптимальних доз дію кожного виду поживної речовини згідно принципу лімітації можна вважати незалежною.

2. Для підвищення точності визначення доз добрив на плановану урожайність необхідно всі джерела і форми кожного з елементів живлення, які відрізняються по ступеню засвоюваності рослинами, привести до форми, еквівалентної за дією на урожай поживної речовини вживаного мінерального добрива.

Дозу поживної речовини мінерального добрива на плановану урожайність розраховують за формулою (7.3), якщо агрохімічний аналіз ґрунту був проведений в рік отримання урожаю:

Дозу поживної речовини мінерального добрива на плановану урожайність розраховують за формулою (7.3), якщо агрохімічний аналіз ґрунту був проведений в рік отримання урожаю:

$$X_M = C_X Y - m_X X_n - m_{X_{sc}} X_{cf} - X_{oc}, \quad (7.3)$$

де  $X_M$  – доза поживної речовини мінерального добрива (N, P, K), кг/га;

$C_X$  – доза поживної речовини на отримання одиниці урожаю (100 кг сухої речовини загальної біомаси або зерна, коренеплодів, зеленої маси), кг/100 кг;

$Y$  – запланована урожайність, т/га сухої речовини загальної біомаси або зерна, коренеплодів, зеленої маси;

$m_X$  – коефіцієнт еквівалентності рухомої поживної речовини ґрунту (показник, що означає кількість поживної речовини мінерального добрива в кг/га, рівноцінну по впливу на урожай 1 мг/100 г поживної речовини ґрунту в даних умовах), кг/мг;

$X_n$  – вміст поживної речовини у ґрунті, мг/100 г;

$m_{X_{sc}}$  – коефіцієнт еквівалентності азоту, фіксованого вільноживучими азотфіксаторами, азоту мінерального добрива, кг/кг;

$X_{cf}$  – кількість азоту, фіксованого вільноживучими азотфіксаторами, кг/га (за даними І.С. Шатілова (1978), в період вегетації рослин за рахунок вільної фіксації нагромаджується 16-37 кг/га азоту);

$X_{oc}$  – кількість азоту, який поступає з опадами, кг/га.

### **Приклад розрахунку**

За рівнянням (7.3) визначаємо дозу поживної речовини мінерального добрива окремо для азоту, фосфору і калію. Спочатку визначаємо дозу поживної речовини мінерального добрива для азоту. Допоміжні дані надані в табл. 7.1 - 7.5.

Вибираємо культуру – озима пшениця (середньостиглий сорт). В рівняння (7.3) підставляємо  $C_N$  значення, яке дорівнює 2,6 кг/ц (див. табл. 7.1), з табл. 7.3

визначаємо плановану урожайність, на південному чорноземі суглинковому, середня урожайність озимої пшениці складає 36,9 ц/га. Коефіцієнт еквівалентності азоту, фіксованого вільноживучими азотфіксаторами, азоту мінерального добрива визначаємо з табл. 7.2, для однорічних трав і зернових культур він дорівнює  $19 \text{ кг/мг} = 0,0019 \text{ кг/кг}$ . Кількість азоту, фіксованого вільноживучими  $X_{cf}$  азотфіксаторами, задаємо середнє значення 26,5 кг/га. Кількість  $X_{oc}$  азоту, що надходить з опадами, дорівнює 0.

$$X_N = 2,6 \cdot 36,9 - 0,0019 \cdot 26,5 - 0 = 95,89 \text{ кг/га.}$$

Доза поживної речовини мінерального добрива для азоту буде складати 95,89 кг/га.

Тепер виконуємо аналогічно розрахунок дози поживної речовини мінерального добрива для фосфору. В рівняння (7.3) підставляємо значення  $C_p = 2,4 \text{ кг/ц}$  (табл. 7.1), з табл. 7.3 визначаємо заплановану урожайність, на південному чорноземі суглинковому. Середня урожайність озимої пшениці складає 36,9 ц/га. Визначаємо  $m_p$  з табл. 7.2 для однорічних трав і зернових культур  $m_p = 34 \text{ кг/мг} = 0,0034 \text{ кг/кг}$ . Вміст поживної речовини у ґрунті, задається  $X_p$  залежно від типу ґрунту з табл. 7.4, в нашому прикладі для чорнозему південного суглинкового дорівнює  $117,1 \text{ мг/кг} = 11,7 \text{ мг/100г} \cdot 30$  (коефіцієнт переведення з мг/г в кг/га),  $X_p = 351 \text{ кг/га}$ .

$$X_P = 2,4 \cdot 36,9 - 0,0034 \cdot 351 = 87,4 \text{ кг/га.}$$

Доза поживної речовини мінерального добрива для фосфору буде складати 87,4 кг/га.

Тепер робимо аналогічно розрахунок дози поживної речовини мінерального добрива для калію. В рівняння (7.3) підставляємо значення  $C_K = 2,4 \text{ кг/ц}$  (табл.7.1), з табл. 7.3 визначаємо плановану урожайність, на південному чорноземі суглинковому, середня урожайність озимої пшениці складає 36,9 ц/га. Визначаємо  $m_K$  з табл. 7.2 для однорічних трав і зернових культур він дорівнює  $40 \text{ кг/мг} = 0,0040 \text{ кг/кг}$ . Вміст поживної речовини в ґрунті, задається  $X_K$  залежно від типу ґрунту з табл. 7.4. В нашому прикладі для

чорнозему південного суглинкового він дорівнює  $238,3 \text{ мг/кг} = 23,83 \text{ мг/100г} \cdot 30$  (коефіцієнт переведення з мг/г в кг/га),  $X_K = 715 \text{ кг/га}$ .

$$X_K = 2,4 \cdot 36,9 - 0,0040 \cdot 715 = 85,8 \text{ кг/га.}$$

Доза поживної речовини мінерального добрива для калію буде складати 85,8 кг/га.

### **Завдання до виконання:**

Використовуючи приклад розрахунку, наведений в даній роботі, розрахувати:

1. Дозу поживної речовини у формі мінеральних добрив окремо для кожного елемента - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на чорноземі неглибокому суглинковому.

2. Дозу поживної речовини у формі мінеральних добрив окремо для кожного елемента - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на чорноземі звичайному глибокому суглинковому.

3. Дозу поживної речовини у формі мінеральних добрив окремо для кожного елемента - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на чорноземі опідзоленому суглинковому.

4. Дозу поживної речовини у формі мінеральних добрив окремо для кожного елемента - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на темно-сірих лісових (суглинкових) ґрунтах.

5. Дозу поживної речовини у формі органічних добрив окремо для кожного елемента - азоту, фосфору і калію. Культура - озима пшениця на чорноземах звичайних неглибоких, суглинкових.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які відомі способи визначення доз добрив?
2. В чому суть способів визначення доз добрив?
3. В чому суть способу нормативного балансу при визначенні доз добрив?
4. В чому полягає спосіб диференційного балансу?
5. В чому полягає спосіб елементарного балансу?
6. З яких припущень виходили при розробці способу елементарного балансу?



7. В яких одиницях вимірюється доза поживної речовини у формі органічного добрива на плановану урожайність?
8. За якими показниками визначається доза поживної речовини у формі органічного та мінерального добрива на плановану урожайність?

## **8 Практична робота № 8**

### **«Оцінка екологічної небезпеки нових гербіцидів»**

#### **8.1 Теоретичні основи**

У сучасному сільському господарстві для отримання високих і стійких урожаїв використовують різні продукти хімічної промисловості. Серед них важливе місце посідають пестициди – засоби захисту сільськогосподарських рослин від шкідників, хвороб та бур'янів. Сьогодні інтенсифікація сільського господарства без застосування засобів хімізації стає нереальною. Потенційні щорічні збитки, яких могли б завдавати шкідники сільськогосподарських культур, становили б мільярди доларів. За даними ФАО понад 30 % потенційно можливого врожаю сільськогосподарських культур втрачаються через недосконалий захист рослин. Ці втрати оцінюють сумою, близькою до 75 млрд дол., серед них втрати від шкідників становлять 30 млрд, від хвороб – 25 млрд та від бур'янів – 20 млрд.

В Україні для боротьби з бур'янами все більш широко застосовують гербіциди, які допомагають у сполученні з агротехнічними заходами значно скоротити обсяги ручної праці у сільському господарстві. У 80-х роках ХХ ст. гербіциди використовували більше, ніж у 60 % господарств.

#### **Екологічна небезпека пестицидів.**

З екологічного погляду такі засоби хімізації сільськогосподарського виробництва як пестициди належать до групи дуже небезпечних речовин антропогенного походження, що надходять до біосфери. За деякими даними пестициди вважають одними з найнебезпечніших чинників забруднення навколишнього середовища, які є шкідливими практично для всіх живих організмів, охоплюючи корисних комах, тварин і людей. Незважаючи на те, що пестициди становлять дуже незначну частину загальної маси забруднювачів, їх екологічна небезпечність зумовлена високою біологічною активністю.

Потенційну загрозу використання пестицидів для людей і тварин визначають гострою токсичністю, що виявляють пестициди під час потрапляння в організм. Пестицидам властива хронічна токсична дія, а також кумулятивний ефект (накопичення). Серед найбільш небезпечних хвороб, що виникають унаслідок токсикації організму, виділяють злоякісні пухлини (переважно печінки), порушення роботи шлунково-кишкового тракту, хромосомні порушення, підвищення інтенсивності мутаційних процесів, аномалії розвитку тощо.

Більше половини пестицидів належать до мутагенів, що змінюють спадкову природу організму. В останні десятиліття різко зросла кількість алергічних захворювань, що розцінюють як один із наслідків негативного впливу пестицидів. За останні 20 років у світі було зареєстровано декілька масових отруєнь, які були викликані забрудненням пестицидами харчових продуктів, а також унаслідок вживання в їжу протруєного насіння.

Одним із яскравих доказів шкідливого впливу пестицидів на фауну є різке зменшення кількості хижих птахів. З часів початку широкого використання пестицидів в аграрному виробництві вони почали активно надходити до відкритих водойм. Здебільшого така міграція відбувається під впливом дощових і талих вод, що змивають препарати з рослин і ґрунту, а також внаслідок авіаційної обробки полів.

Отже, пестициди – це досить вагомий чинник забруднення біосфери, однак їх застосування у сучасному сільському господарстві поки що є вимушеним заходом. Тенденція останніх років полягає у певному скороченні масштабів застосування пестицидів через економічні проблеми більшості господарств та відносно високі ціни на препарати, що позитивно позначається на стані навколишнього середовища України.

Екологічні вимоги до пестицидних препаратів. Завдяки дослідженням фізико-хімічних, токсикологічних та гігієнічних властивостей пестицидних препаратів, залежності ступеня їхньої токсичності від хімічної будови, а також на основі аналізу випадків отруєння людей, тварин та забруднення навколишнього середовища й харчових продуктів сформульовано такі головні екологічні вимоги до пестицидів: У сільському господарстві потрібно застосовувати, зазвичай, малотоксичні для людини та теплокровних тварин препарати. Не можна застосовувати стійкі речовини, що не розкладаються в природних умовах на нетоксичні компоненти протягом двох і більше років. Не можна застосовувати препарати з різко вираженою кумуляцією. Заборонено

застосовувати речовини, якщо встановлено їх реальну небезпеку внаслідок канцерогенності, мутагенності, ембріотоксичності та алергенності.

## 8.2 Практична частина

1. **Завдання:** Оцінити й порівняти екологічну небезпеку нових гербіцидів за летючістю, кумулятивною здатністю та стійкістю в навколишньому середовищі.

2. Визначити категорію й відповідний клас летючості гербіцидів (табл. 8.1) за класифікаційною шкалою (табл. 8.2).

Таблиця 8.1. – Вихідні дані для розрахунків

Гербіцид	Концентрація, мг/м <sup>3</sup>			Сумарна ЛД <sub>50</sub> , мг/кг		Тривалість розпаду, місяців
	Порогова	Токсична	Насичувальна	При багаторазовому введенні	При однократному введенні	
1	2,3	8,4	1,7	681,1	128,5	1
2	1,8	3,8	2,3	1035,9	225,2	7
3	0,9	3,6	0,3	676,3	198,9	3
4	0,7	9,8	0,5	2379,6	290,2	2
5	0,5	5,5	5,5	106,4	88,7	1
6	0,5	7,8	0,6	3822,0	390,0	18

Таблиця 8.2. – Класифікація пестицидів за летючістю

Клас	Категорія пестициду	Ступінь летючості
I	Дуже небезпечний	Насичувальна концентрація однакова або більше токсичної
II	Небезпечний	Насичувальна концентрація більше порогової
III	Малонебезпечний	Насичувальна концентрація менше порогової

3. Розрахувати коефіцієнт кумуляції гербіцидів діленням сумарної ЛД50 за багаторазового введення на ЛД50 за однократного введення. Визначити клас кумулятивної здатності гербіцидів за класифікаційною шкалою (табл. 8.3).

Таблиця 8.3. – Класифікація пестицидів за кумулятивною здатністю

Клас	Коефіцієнт кумуляції	Категорія пестициду
I	менше 1	Дуже кумулятивний
II	1–3	Кумулятивний
III	3–5	Помірно кумулятивний
IV	понад 5	Слабокумулятивний

4. Визначити клас стійкості гербіцидів за тривалістю їх розкладання в навколишньому середовищі за класифікаційною шкалою (табл. 8.4).

Таблиця 8.4. – Класифікація пестицидів за стійкістю у навколишньому середовищі

Клас	Тривалість розпаду, місяців	Категорія пестициду
I	6–24	Стійкий
II	1–6	Помірно стійкий
III	до 1	Малостійкий

5. Визначити інтегральний ступінь токсичності препаратів за сукупною оцінкою загальної токсичності, величини зони токсичної дії та шкірно-резорбтивної токсичності для теплокровних і людини.
6. Проаналізувати отримані дані. Зробити й записати відповідні висновки щодо порівняльної оцінки екологічної безпечності препаратів.

### Питання для самоперевірки

1. За якими ознаками класифікують пестициди?
2. Що таке порогова концентрація? Як її визначають?

3. Що таке токсична не смертельна концентрація? Як її визначають?
4. Що таке токсична смертельна концентрація? Як її визначають?
5. Що таке ЛД50? Як її визначають?
6. Що таке кумулятивна здатність пестицидів?
7. У чому полягають екологічні вимоги до пестицидних препаратів?
8. Які фактори впливають на летючість пестициду?
9. Що таке зона токсичної дії пестициду?
10. Що таке шкірно-оральний коефіцієнт?

## **9. Практична робота № 9**

### **«Наукове обґрунтування застосування хімічних меліорантів»**

#### **9.1 Теоретичні основи**

Загальна площа кислих ґрунтів в Україні становить 4451 тис. га, зокрема сильнокислих — 359 тис. га, середньокислих — 1187 тис. га і слабкокислих 2891 тис. га. Основним методом знешкодження негативної дії підвищеної кислотності є вапнування ґрунтів. Проте здійснення даного меліоративного заходу внаслідок припинення фінансування практично призупинено. При відсутності хімічної меліорації продуктивність кислих ґрунтів різко знижується, порушуються їх функції, спостерігається винос важких металів, радіонуклідів у ґрунтові та поверхнево-дренажні води, забруднення річок, водойм тощо.

Підвищена кислотність ґрунтів несприятливо впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Потенційна кислотність ґрунтового розчину, показником якої є рН сольової витяжки, обумовлена підвищеною концентрацією в ньому іонів водню ( $H^+$ ) порівняно з гідроксидом ( $OH^-$ ), розчинними органічними кислотами та гідролітично кислими солями. Реакція ґрунтового розчину залежить від складу поглинутих катіонів. Вона безпосередньо впливає на життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, мінералізацію органічних речовин та інші фізико-хімічні процеси. Реакція ґрунтового розчину також впливає на ефективність внесених у ґрунт добрив. Підвищена кислотність ґрунтового розчину погіршує ріст коренів, зменшує проникність клітин коренів, що негативно впливає на доступність та використання рослинами поживних речовин з ґрунту та добрив. При зниженні

pH ґрунтового розчину посилюється хімічне закріплення фосфатів, що призводить до фосфорного голодування рослин.

Для покращення агрономічних властивостей кислих ґрунтів (дерновопідзолистих, сірих опідзолених) необхідне проведення хімічної меліорації – вапнування. За ступенем кислотності і потребою у вапнуванні ґрунти поділяють на: сильнокислі, які дуже потребують вапнування, – pH 4,1-4,5; середньокислі, які середньо потребують вапнування, – pH 4,6-5,0; слабкокислі, які слабо потребують вапнування, – pH 5,1-5,5; близькі до нейтральних, які не потребують вапнування, – pH 5,6-6,0. Ступінь насичення ґрунтів основами також характеризує потребу у їх вапнуванні: якщо ступінь насичення основами нижче 50%, то такі ґрунти необхідно вапнувати в першу чергу, якщо 50-70% потреба у вапнуванні середня, а 70-80% – слабка; коли ступінь насичення більше 80% – ґрунт не потребує вапнування.

Для визначення потреби у вапнуванні за рівнем гідролітичної кислотності користуються шкалою: при гідролітичній кислотності понад 4 мг-екв./100 г ґрунту – ґрунти потребують вапнування у всіх природних зонах України; при 3-4 мг-екв./100 г – ґрунти потребують вапнування в Поліссі та Лісостепу, середня потреба у вапнуванні для ґрунтів Прикарпаття та західної частини Лісостепу, слабка – у гірських районах Карпат; 2-3 мг-екв./100 г – середня потреба у вапнуванні ґрунтів Полісся та Лісостепу, слабка – у Передкарпатті; 1,8-2 мг-екв./100 г – доцільне вапнування опідзолених ґрунтів Лісостепу, необхідне – супіщаних, піщаних і глинисто-піщаних ґрунтів на Поліссі; 1,5-1,8 – слабка потреба у вапнуванні піщаних і глинисто-піщаних ґрунтів; < 1,5 – немає потреби у вапнуванні.

Рівень зниження ґрунтової кислотності перебуває в прямій залежності від кількості внесеного вапна. Норми внесення вапнякових матеріалів можна встановити двома методами: використовуючи рекомендовані норми і розрахунково. Для вапнування ґрунтів застосовують матеріали, які крім  $\text{CaCO}_3$  містять інші форми кальцію та магнію, наприклад доломітове борошно, гідроксид кальцію, магнію або їх оксиди. При розрахунках норм вапна їх потрібно перерахувати в  $\text{CaCO}_3$  використовуючи коефіцієнти перерахунку: для карбонату магнію ( $\text{MgCO}_3$ ) – 1,2; для оксиду кальцію ( $\text{CaO}$ ) – 1,78; для оксиду магнію ( $\text{MgO}$ ) – 2,5; для гідроксиду магнію ( $\text{Mg(OH)}_2$ ) – 1,72; для гідроксиду кальцію ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) – 1,35.

За реакцією на вапнування сільськогосподарські культури також поділяють на групи: - дуже позитивно реагують на вапнування – конюшина,

люцерна, столові та цукрові буряки, капуста, коноплі, ріпак; 73 - добре реагують на вапнування – пшениця, кукурудза, ячмінь, горох, огірки, цибуля, соняшник; - позитивно реагують на вапнування – жито, овес, томати, гречка, льон; - мають слабку реакцію на вапнування – картопля, люпин, бруква, серадела. При вапнуванні кислих ґрунтів покращується живлення рослин азотом, фосфором, кальцієм, магнієм та молібденом, що значно підвищує урожайність.

## 9.2 Практична частина

1. Визначити норми вапна та вапнякових матеріалів для нейтралізації надмірної кислотності супіщаного дерново-підзолистого ґрунту. Розрахувати норми внесення вапнякових добрив для різних сільськогосподарських культур залежно від властивостей ґрунту та якості вапнякових матеріалів (табл. 9.1).

Обґрунтувати необхідність нейтралізації надлишкової кислотності.

Таблиця 9.1. – Вихідні дані для розрахунку норм вапна

Культура / вид продукції	Гідролітична кислотність, мг-екв./100 г ґрунту	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Орний шар, см	Вміст вологи у вапняковому матеріалі, %	Вміст домішок у вапняковому матеріалі, %	Вміст CaCO <sub>3</sub> у вапняковому матеріалі, %
Багаторічні трави / сіно	2,5	1,4	8	20	5	75
Картопля / бульби	2,3	1,25	12	16	4	80
Кукурудза / зелена маса	2,7	1,3	12	12	3	85
Цукрові буряки / коренеплоди	2,9	1,35	20	15	5	80

2. Визначити норму вапна (CaCO<sub>3</sub>, т/га) для нейтралізації повної гідролітичної кислотності вказаного шару ґрунту за формулою

$$D (CaCO_3) = \frac{0,5Hr \cdot S \cdot h \cdot \delta}{1000}, \quad (9.1)$$

де  $D$  ( $\text{CaCO}_3$ ) – норма вапна, т/га; 0,5 – кількість  $\text{CaCO}_3$ , необхідного для нейтралізації 1 мг-екв. кислотності в 1 кг ґрунту, г;  $H_r$  – гідролітична кислотність, мг-екв./100 г ґрунту;  $S$  – площа 1 га (10000 м<sup>2</sup>);  $h$  – глибина орного шару, см;  $\delta$  – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>; 1000 – коефіцієнт перерахунку мг-екв./100 г ґрунту в %.

3. Здійснити перерахунок норми вапна у норму вапнякового матеріалу за формулою:

$$D = \frac{100^3 \cdot D(\text{CaCO}_3)}{(100 - B) \cdot (100 - K) \cdot H}, \quad (9.2)$$

де  $D$  – норма вапнякового матеріалу, т/га;  $B$  – вміст вологи у вапняковому матеріалі, %;  $K$  – вміст неподільних твердих частинок з діаметром понад 3 мм (недіяльні частинки матеріалу або домішки), %;  $H$  – вміст  $\text{CaCO}_3$  у вапняковому матеріалі, %; 1003 – коефіцієнт для перерахунку % в одиниці.

4. У висновку обґрунтувати рівень потреби у вапнуванні супіщаного дерново-підзолистого ґрунту, зважаючи на чутливість сільськогосподарських культур до вапнування.

### Питання для самоперевірки

1. Що таке меліорація? Назвіть види меліорації ґрунтів.
2. Назвіть заходи хімічної меліорації.
3. За якими показниками визначають потребу ґрунтів у вапнуванні?
4. Як поділяють сільськогосподарські культури за чутливістю до вапнування?
5. Згідно з якими біолого-екологічними принципами здійснюються фітомеліоративні заходи?



## РОЗДІЛ 2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

### 10 Лабораторна робота № 1

#### «Радіаційне забруднення як екологічний фактор»

##### 10.1 Теоретичні основи

Накопичення радіонуклідів у біосфері, в тому числі у сфері аграрного виробництва, згубно впливає на біологічні системи. Важливою властивістю радіонуклідів потрібно вважати їх здатність до біогенної міграції, тобто включення в ланцюг: радіоактивні викиди – ґрунт (повітря, вода) сільськогосподарські рослини – сільськогосподарські тварини – людина.

Кількісною оцінкою іонізації організму є поглинута доза опромінення. Вона виражається кількістю енергії радіації, яка поглинута одиницею маси організму (табл. 10.1).

Таблиця 10.1. - Фізичні одиниці вимірювання іонізуючого випромінювання

Фізична величина, символ	Одиниця у системі СІ	Несистемна одиниця	Співвідношення одиниць
Радіоактивність, С	Бк (бекерель)	Ки (кюрі)	1 Бк=1 розпад за 1 с =2,7х10 <sup>-11</sup> Ки 1 Ки=3,7х10 <sup>10</sup> Бк
Поглинута доза, Д	Гр (грей)	Рад (рад)	1Гр=100 Рад 1 Рад=1 Дж/кг
Еквівалентна доза, Н	Зв (зіверт)	Бер (бер)	1 Зв=100 Бер 1 Бер=1Гр
Експозиційна доза, Х	Кл/кг (кулон на кілограм)	Р (рентген)	1 Р=2,58 х 10 <sup>-4</sup> Кл/кг 1 Кл/кг=3,77х10 <sup>3</sup> Р

Вважають, що біологічна ефективність альфа-частинок та важких ядер у двадцять разів, а нейтронів і протонів – у десять разів вища, ніж гамма-частинок і рентгенівського випромінювання. Крім того, різні тканини рослинних і тваринних організмів мають неоднакову радіочутливість, тобто вразливість. Тому в практичній радіобіології послуговуються також поняттям ефективна еквівалентна доза (ЕЕД), яка визначається для кожної конкретної тканини або органу і вимірюється у біологічних еквівалентах рентгена (Бер).

Наприклад, доза опромінення щитовидної залози у 100 Бер відповідає ЕЕД = 3 Бер, тобто в разі рівномірного опромінення усього тіла дозою 3 Бер вірогідність шкоди організму така ж, як і дози 100 Бер лише для щитовидної залози. Для вимірювання ступеня іонізації повітря традиційно застосовують одиницю експозиційної дози – рентген (Р). Потужність дози рентгенівського або гамма-випромінювання, відповідно, визначається рівнем радіації (Р/год). Важливо, що радіоактивний розпад не залежить від зовнішніх причин, таких як температура, тиск, хімічні умови тощо. Отже, одним із головних показників радіоактивного елемента є період напіврозпаду, тобто час, протягом якого радіоактивність елемента зменшується вдвічі.

**Шляхи міграції радіонуклідів у біосфері.** Для рослин одним із головних джерел радіоактивності слугує ґрунт. Отже, ланцюг міграції радіонуклідів складається з таких компонентів: ґрунт – рослини – тварини – людина. Фактичні зв'язки між цими компонентами існують на всіх рівнях у будь-яких попарних взаємодіях, оскільки радіоактивність ґрунту, наприклад, відображається і на людині, і на тваринах, а останні однаково вірогідно споживають забруднену радіонуклідами рослинну їжу тощо.

У разі забруднення водоймищ радіоактивні речовини надходять ланцюгом вода – планктон – бентос – невеликі риби – промислові риби – тварина чи людина або вода – водні рослини – риби – тварина.

Для біосфери атмосферним опадам належить важлива роль у поширенні радіоактивних речовин. З огляду на це вирізняють “вологе” й “сухе” випадання радіоактивних речовин. У першому значенні речовини випадають зі снігом або дощем, у другому ж – під дією сили тяжіння.

#### **Шляхи та закономірності надходження радіонуклідів у рослин.**

Концентрація радіоактивних речовин під час міграції, зазвичай, зменшується. Проте багато й протилежних випадків. Іноді простежується нагромадження (акумуляція) організмами радіоактивних речовин.

Для кількісної оцінки ступеня акумуляції радіоактивних речовин застосовують коефіцієнт нагромадження (КН) – показник співвідношення вмісту радіоактивних речовин в організмі до їх концентрації у навколишньому середовищі. Якщо КН дорівнює одиниці - радіоактивні речовини потрапляють в організм прямо пропорційно їх вмісту у навколишньому середовищі під впливом градієнта концентрації (дифузне проникнення). КН більший одиниці - спрямоване накопичення організмами радіоактивних речовин проти градієнта

їхньої концентрації. КН менший одиниці, організм активно протистоїть проникненню до нього радіоактивних речовин.

Рослини за повної відсутності явних ознак променевого ураження можуть накопичувати значну кількість радіоактивних речовин, зокрема  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$ . Концентрація цих елементів у деяких рослинах може у десятки разів перевищувати їх вміст у фунті. Внаслідок цього урожай може стати непридатним для харчування людини або годівлі тварин.

Для характеристики кількісних співвідношень пар елементів  $^{90}\text{Sr}$ -Ca та  $^{137}\text{Cs}$ -K, один з яких є радіоактивним, використовують термінологічні позначення "стронцієва одиниця" та "цезієва одиниця". Стронцієва одиниця – це 10-12 Кі на 1 г кальцію, а цезієва – 10-12 Кі на 1 г кальцію.

Основним завданням щодо зменшення дозового навантаження на організм людини є отримання рослинницької і тваринницької продукції, яка відповідає вимогам радіаційної безпеки – допустимим рівням вмісту радіонуклідів в харчових продуктах (табл. 10.2).

Таблиця 10.2. - Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування (Бк/кг)

№ п/п	Назва продуктів	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	№ п/п	Назва продуктів	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
1.	Яйця	6	2	6.	Молоко і молочні продукти	100	20
2.	Хліб і хлібопродукти	20	5	7.	Риба і морепродукти	150	35
3.	Овочі	40	20	8.	М'ясо і вироби з м'яса	200	20
4.	Картопля	60	20	9.	Лікарські рослини	600	200
5.	Фрукти	70	10	10.	Сушені лісові ягоди та гриби	2500	250

При радіоактивному забрудненні сільськогосподарських угідь на перше місце виходить проблема прогнозу та мінімалізації вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у рослинницькій та тваринницькій продукції. На основі експериментальних досліджень розроблені таблиці надходження радіоактивних елементів в урожай при щільності забруднення ґрунту  $1\text{Кі}/\text{км}^2$  ( $1\text{Кі}/\text{км}^2 = 37\text{кБк}/\text{м}^2$ ). Із збільшенням цього показника прямо пропорційно зростає ступінь забруднення урожаю.

Рівень забруднення рослинницької продукції, вирощеної на радіоактивно забруднених ґрунтах, залежить від типу ґрунту, кислотності ґрунтового розчину, умов зволоження та агрохімічних заходів (вапнування ґрунтів, внесення органічних, мінеральних та комплексних мікроелементних добрив,

застосування мікробіологічних препаратів, фізіологічно активних речовин). Зменшення накопичення  $^{90}\text{Sr}$  в рослинах можна досягти внесенням в ґрунт кальцію – хімічного аналога  $^{90}\text{Sr}$ . Вапнування сприяє закріпленню  $^{90}\text{Sr}$  у ґрунті, так як переводить радіонуклід з водорозчинної обмінної форми у необмінну. Вміст необмінних форм  $^{90}\text{Sr}$  збільшується також при внесенні фосфорних добрив та органічної речовини.

**Запобігання нагромадженню радіонуклідів у продукції сільського господарства.** Зменшення вмісту радіоактивних речовин у продукції сільського господарства можливо з використанням системи заходів, спрямованих, на протипроменевий захист людини як споживача цієї продукції.

Головні методи запобігання потраплянню радіонуклідів у сільськогосподарські культури:

**1. Обробіток ґрунту.** Оскільки нагромадження радіонуклідів відбувається у верхньому орному шарі ґрунту, цілком можливим є загортання забрудненого шару на глибину до 60–70 см плантажним плугом. Це забезпечує зниження накопичення рослинами радіонуклідів у 5–10 разів.

**2. Застосування меліорантів та добрив.** Вирішенням проблеми зменшення переходу  $^{137}\text{Cs}$  у сільськогосподарські культури може бути внесення калійних добрив з метою збільшення вмісту калію у ґрунті, так як калій є хімічним аналогом і конкурентом-антагоністом  $^{137}\text{Cs}$ ;

**3. Зміна структури сівозміни.** Переважне вирощування культур, що мають низькі коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин. Підбір сільськогосподарських культур з меншим коефіцієнтом переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту. До таких культур передусім належать злакові колосові. Найвищі коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин мають бобові культури, зокрема люпин.

**4. Регулювання режиму зрошення.** Якщо джерелом радіоактивності є зрошувальна вода, то потрібно обирати зрошення борознами для зменшення позакореневого надходження радіонуклідів у рослини. Якщо джерелом радіоактивності є ґрунт, то варто обирати дощування, щоб змити радіоактивний пил з листків рослин і також зменшити позакореневе надходження. Зменшення кількості поливів за однакової поливної норми сприяє зменшенню надходження радіонуклідів.

**5. Внесення спеціальних речовин і сполук.** Для зменшення надходження радіоактивних сполук з ґрунту рекомендується вносити мінерали-сорбенти (іліти, монтморилоніти, вермикуліти, цеоліти, бентоніти тощо).

## 10.2 Лабораторна частина

**Завдання:** Визначити ймовірний вміст цезію-137 у продукції рослинництва, вирощеній на радіоактивно забрудненій території, із врахуванням інактивації цезію шляхом застосування калійних добрив. Визначити вміст  $^{137}\text{Cs}$  в рослинних продуктах. Зробити висновок про придатність рослинницької продукції для використання в їжу.

Запропонувати заходи по зниженню надходження радіонуклідів в сільськогосподарські рослини на дерново-підзолистих ґрунтах зі ступенем забруднення 624 Бк/кг. Питома маса ґрунту  $1,3 \text{ г/см}^3$ , товщина забрудненого шару 25 см, вміст калію 2 мг/100 г.

### **Порядок виконання.**

1. Визначити вміст  $^{137}\text{Cs}$  на  $1 \text{ м}^2$ , якщо товщина забрудненого шару становить 25 см. Для цього необхідно:

а) вирахувати масу забрудненого шару, перемножуючи показники площі, товщини шару і об'ємної маси ґрунту:

$$100\text{см} \times 100\text{см} \times 25\text{см} \times 1,3\text{г/см}^3 = 32500\text{г} = 325 \text{ кг};$$

б) рівень забруднення 1 кг помножити на визначену масу ґрунту:

$$624\text{Бк/кг} \times 325\text{кг} = 202800\text{кБк} = 202,8\text{Бк}.$$

2. Визначити забруднення території в  $\text{Ки/км}^2$ , для чого ділимо отримане забруднення ґрунту цезієм-137 на забруднення при 1Ки ( $1\text{Ки/км}^2 = 37\text{кБк/м}^2$ ):

$$202,8\text{кБк/м}^2 : 37\text{кБк/м}^2 = 5,48\text{Ки/км}^2 .$$

3. Знайти коефіцієнт переходу  $^{137}\text{Cs}$  у певну культурну рослину на дерново-підзолистих ґрунтах при вмісті калію 2мг/100г (табл. 10.3). Наприклад, для вівса він становить 57Бк/кг при щільності забруднення  $1\text{Ки/км}^2$ .

4. Визначити забруднення рослинницької продукції. Для цього отримане забруднення території (п. 2) помножити на знайдений коефіцієнт для 1Ки (п. 3). Наприклад, при вирощуванні вівсу на зерно він становитиме:

$$5,48 \text{ Ки/км}^2 \times 57\text{Бк/кг} = 312,36\text{Бк/кг}.$$

5. Визначити придатність отриманої продукції, для чого у таблиці 10.3 знаходимо допустимий рівень забруднення цезієм-137. Наприклад, для хліба і хлібопродуктів він складає 20Бк/кг, тому продукція (зерно вівса) непридатна для використання в їжу, так як її забруднення  $^{137}\text{Cs}$  перевищує допустимий рівень у 15,62 рази:  $312,36\text{Бк/кг} : 20\text{Бк/кг} = 15,62$ .

Таблиця 10.3. - Значення коефіцієнту переходу  $^{137}\text{Cs}$  для деяких культур залежно від вмісту обмінного калію в дерново-підзолистому ґрунті (Бк/кг)/(Кі/км<sup>2</sup>)

Вміст обмінного К, мг/100 г	Зернові культури			Овочеві культури			Картопля	
	Пшениця озима	Жито	Овес	Цибуля ріпчаста	Баклажани	Перець солодкий		Капуста рання
0,5	44	81	230	15	4,8	26	110	63
1	22	40	110	7,4	2,4	13	54	32
2	11	20	57	3,7	1,2	6,5	27	16
3	5,8	11	30	2,0	0,63	3,4	14	8,3
4	5,5	10	29	1,9	0,6	3,2	13	7,9
5	4,4	8,1	23	1,5	0,48	2,6	11	6,3
7	3,1	5,7	16	1	0,34	1,8	7,5	4,4
9	2,4	4,4	13	0,81	0,26	1,4	5,9	3,5
11	2	3,7	11	0,69	0,23	1,2	4,9	2,9
13	1,7	3,2	8,9	0,58	0,19	1	4,2	2,5
15	1,5	2,8	7,8	0,5	0,16	0,89	3,7	2,1
20	1,1	2	5,7	0,37	0,12	0,65	2,7	1,6

6. Визначити необхідний коефіцієнт переходу для отримання придатної продукції, для чого коефіцієнт переходу (п. 4) ділимо на число, яке показує у скільки разів забруднення перевищує допустимий рівень (п. 5). Наприклад, для вівса:

$$57\text{Бк/кг} : 15,62 = 3,65.$$

7. Зробити висновок щодо можливості отримання придатної продукції за умови доведення вмісту калію у ґрунті до необхідного рівня шляхом внесення калійних добрив. Для цього знайти у табл. 1.3 значення, яке дорівнює або

менше за необхідний коефіцієнту переходу при відповідному вмісті калію в ґрунті.

**Наприклад:** для вівса найменший коефіцієнт становить 5,7 навіть при максимальній кількості – 20мг на 100г калію. Таким чином, отримати придатне зерно вівса для хліба і хлібопродуктів у даній ситуації неможливо.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що розуміють під іонізуючим випромінюванням та в чому проявляється його біологічна дія?
2. Назвіть джерела іонізуючого випромінювання. Які з них є найбільш небезпечними?
3. Від яких факторів залежить надходження радіонуклідів з ґрунту в рослини?
4. Назвіть особливості накопичення радіонуклідів у рослинах.
5. Який орган рослини картоплі найменшою мірою накопичує радіонукліди при поглинанні їх з ґрунту?
6. У яких одиницях вимірюється поглинута доза?
7. Яка культура накопичує максимальну кількість стронцію з ґрунту?
8. Який вид обробки ґрунту є максимально ефективним для запобігання потраплянню радіонуклідів у сільськогосподарські рослини?
9. Які добрива найбільшою мірою сприяють надходженню радіонуклідів до рослин?
10. Який радіонуклід характеризується найбільшою рухливістю в організмі?

## 11 Лабораторна робота № 2

### «Розрахунок коефіцієнтів накопичення радіоактивних речовин з ґрунту різними частинами рослин сільськогосподарських культур»

#### 11.1 Теоретична частина

*Іонізуюче випромінювання* – високоенергетичне випромінювання, взаємодія якого з речовиною зумовлює іонізацію її атомів та молекул, тобто перетворення останніх з електрично-нейтральних часток на позитивно і негативно заряджені іони.

*Природний радіаційний фон* – інтенсивність природного випромінювання, яке є звичайним для кожної конкретної екологічної зони.

*Поглинута доза* – кількість енергії радіації, яка поглинута одиницею маси тіла.

*Ефективна еквівалентна доза (ЕЕД)* – поглинута доза, що вимірюється у біологічних еквівалентах рентгену для урахування дії випромінювання на різні тканини й органи живих істот.

*Період напіврозпаду елемента* – час, протягом якого радіоактивність елемента зменшується вдвічі.

*Коефіцієнт нагромадження (КН)* – співвідношення вмісту радіоактивних речовин в організмі до їх концентрації в навколишньому середовищі.

**Природа іонізуючого випромінювання.** Іонізуюче випромінювання – це високоенергетичне випромінювання, зумовлене розпадом радіоактивних речовин. Взаємодія цих променів із речовинами викликає розпад молекул і атомів на іони, тобто частки, які в електростатичному розумінні несуть позитивний або негативний заряд. Іонізуюче випромінювання (або іонізуюча радіація) є досить потужним екологічним фактором, особливо внаслідок використання людиною атомної енергії. У той же час варто розглядати радіацію як принципово новий фактор антропогенного походження, оскільки протягом еволюції органічного світу усі організми зазнавали й зазнають цього впливу від природних джерел. Більше того, вважають, що за часів зародження життя на Землі дози іонізуючої радіації були значно вищими, аніж зараз. Іонізуюча дія радіації переважно є шкідливою для організмів, оскільки вона призводить до руйнування хімічних зв'язків, що тягне за собою фрагментацію полімерів, розпад простих молекул, порушення процесів метаболізму тощо. Отже,



накопичення радіонуклідів у біосфері, в тім числі у сфері аграрного виробництва, згубно впливає на біологічні системи. Важливою властивістю радіонуклідів потрібно вважати їх здатність до біогенної міграції, тобто включення в ланцюг: радіоактивні викиди – ґрунт (повітря, вода) – сільськогосподарські рослини – сільськогосподарські тварини – людина.

Зазвичай, під час переходу радіоактивної речовини від однієї частини міграційного ланцюга до іншого співвідношення між кількостями цієї речовини змінюється. Простежується так звана дискримінація – вибіркове, переважне відношення об'єкта до того чи іншого хімічного елемента. Для кількісної характеристики цього явища використовують коефіцієнт дискримінації (КД), який є часткою від ділення кількості стронцієвих або цезієвих одиниць в об'єкті на відповідну їх кількість у попередній ланці.

***Радіоактивні речовини можуть потрапляти в рослину двома головними шляхами:***

1. **Позакореневе надходження (або ареальне)** – відбувається внаслідок прямого забруднення надземних органів рослин радіоактивними часточками, що випадають з атмосфери, з наступним поглинанням їх тканинами вегетативних та репродуктивних органів. Позакореневе надходження радіоактивних речовин у рослину може відбуватися протягом усього періоду вегетації, тому його інтенсивність значною мірою залежить від наявної кількості та ступеня розвитку листків у рослини. На позакореневе надходження радіоактивних часточок, що осіли на поверхні рослин, значно впливають погодні умови. Часточки можуть здуватися вітром, змиватися дощем. Тому радіоактивні опади у великих кількостях нагромаджуються у відносно “прихованих” місцях: пазухи листків, квітів і навпаки, легко здуваються чи змиваються з поверхні листків або стебел, особливо неопушених.

2. **Кореневе надходження** – відбувається через кореневу систему з ґрунту. Ґрунт є сильним сорбентом різноманітних, зокрема й радіоактивних, елементів. Найбільшу адсорбційну здатність має верхній родючий шар, оскільки він є багатим на перегній, де міститься основна частина ґрунтового вбирного комплексу. Отже, висока міцність зв'язування радіоактивних речовин є характерною передусім для важких ґрунтів, багатих на органічні та мінеральні колоїди, а легкі піщані ґрунти, навпаки, слабо затримують радіоактивні частки. Поглинання радіоактивних речовин корінням значною мірою зумовлено їхніми хімічними властивостями. Так, ізотопи цезію та стронцію, що подібні за хімічною характеристикою до калію й кальцію, які мають дуже важливе

значення в процесі мінерального живлення рослин, надходять у рослини з ґрунту в найбільших кількостях. А такі радіонукліди, як  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{91}\text{Y}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$  та інші нагромаджуються в менших кількостях, звичайно на два – три порядки нижчих, аніж їх вміст у ґрунті.

## 11.2 Лабораторна частина

### 1. Завдання:

Розрахувати коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин з ґрунту різними частинами рослин сільськогосподарських культур, якщо вміст радіонуклідів у 100 г сухого ґрунту становить  $^{137}\text{Cs}$  –1,60;  $^{90}\text{Sr}$  –26,0;  $^{236}\text{Ra}$  –1,40 мкКі.

Таблиця 11.1 – Вихідні дані для розрахунку

Культура	Орган рослини	Маса сухого зразка, г	Вміст у сухому зразку, мкКі		
			$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{236}\text{Ra}$
Горох	зерно	150	3,8	28,9	0,6
	солома	700	24,5	315,0	1,4
Кукурудза	зерно	400	4,1	88,2	0,8
	зелена маса	500	9,3	164,2	1,0
Картопля	бульби	600	8,2	94,2	0,6

2. Розрахувати вміст радіонуклідів у 100 г сухого зразка. Для цього помножити вміст кожного радіонукліда у сухому зразку (табл. 11.1) на 100 г та поділити на масу сухого зразка (г).

3. Визначити сумарний вміст радіонуклідів у 100 г сухого зразка, додавши розраховані вмісти кожного з радіонуклідів у 100 г сухого зразка.

4. Розрахувати коефіцієнти накопичення радіоактивних речовин з ґрунту, поділивши вміст кожного радіонукліда у 100 г сухої маси певної частини рослини на його вміст у 100 г сухого ґрунту.

5. Знайти сумарний вміст усіх радіонуклідів у 100 г ґрунту.

6. Розрахувати сумарні коефіцієнти нагромадження, поділивши сумарний вміст радіонуклідів у 100 г сухого зразка на сумарний вміст усіх радіонуклідів у 100 г ґрунту.

7. Результати оформити у вигляді табл. 11.2; 11.3.

Таблиця 11.2. – Розрахунок вмісту радіонуклідів у 100 г сухого зразка

Культура	Орган рослини	Вмісту у 100 г сухого зразка, мкКі			
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{236}\text{Ra}$	Разом
Горох	зерно				
	солома				
Кукурудза	зерно				
	зелена маса				
Картопля	бульби				

Таблиця 11.3. – Розрахунок коефіцієнтів нагромадження радіонуклідів

Культура	Орган рослини	Коефіцієнт нагромадження			
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{236}\text{Ra}$	Сумарний
Горох	зерно				
	солома				
Кукурудза	зерно				
	зелена маса				
Картопля	бульби				

8. Проаналізувати отримані дані і відповісти письмово на запитання для самоперевірки.

### Питання для самоперевірки

1. Яка продукція накопичує максимальну та мінімальну кількість радіонуклідів?
2. Для яких культур і органів коефіцієнт нагромадження перевищує одиницю за кожним радіонуклідом та сумарно?
3. Що означає коефіцієнт нагромадження, який перевищує одиницю?
4. Який радіонуклід є найвагомим складовим сумарного коефіцієнта нагромадження?
5. Які фактори зумовлюють варіацію коефіцієнтів нагромадження для різних культур та їхніх органів?
6. Який радіонуклід накопичується в рослинах найбільшою та найменшою мірою? Чому?

## 12 Лабораторна робота № 3

### «Розрахунок прогнозного нагромадження цезію у сільськогосподарській продукції»

#### 12.1 Теоретичні основи

Виробництво сільськогосподарської продукції на забруднених радіонуклідами територіях має здійснюватися згідно з положеннями концепції проживання населення на території України з підвищеними рівнями радіаційного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, з додержанням норм радіаційної безпеки і основних санітарних правил та забезпечувати виробництво продуктів харчування, вміст в яких радіоактивних речовин не перевищує допустимих рівнів. Небезпечною дозою опромінення є перевищення дози опромінення людини 0,1 сЗв (0,1 бер) на рік. Небезпечно також споживання продукції, одержаної на забруднених територіях в інших регіонах країни. Різні рівні забруднення території зумовлюють формування кількох зон.

У Законі України «Про правовий режим території, яка зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» визначені наступні категорії територій:

1. Зона відчуження – територія, де проведено евакуацію населення у 1986 р.

2. Зона безумовного (обов'язкового) відселення – з щільністю забруднення ґрунту порівняно з доаварійним рівнем  $^{137}\text{Cs}$  більше  $15 \text{ Кі/км}^2$ ,  $^{90}\text{Sr}$  – більше  $3 \text{ Кі/км}^2$ , де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити  $5 \text{ мЗв}$  (0,5 бер) за рік понад дозу у доаварійний період.

3. Зона гарантованого добровільного відселення – з щільністю забруднення ґрунту порівняно з доаварійним рівнем  $^{137}\text{Cs}$  від 5 до  $15 \text{ Кі/км}^2$ ,  $^{90}\text{Sr}$  – від 0,15 до  $3 \text{ Кі/км}^2$ , де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити  $1 \text{ мЗв}$  (0,1 бер) за рік понад дозу у доаварійний період.

4. Зона посиленого радіоекологічного контролю – з щільністю забруднення ґрунту порівняно з доаварійним рівнем  $^{137}\text{Cs}$  від 1 до 5  $\text{Ки}/\text{км}^2$ ,  $^{90}\text{Sr}$  – від 0,005 до 0,01  $\text{Ки}/\text{км}^2$ , де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 0,5 мЗв (0,05 бер) за рік понад дозу у доаварійний період/

Концентрація радіонуклідів при виробництві продукції рослинництва не завжди еквівалентна рівню забруднення території. На деяких територіях можуть бути одержані продукти, що містять більшу кількість радіонуклідів, ніж 92 одержані на площах з вищими рівнями забруднення. Рішення про можливість ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях приймається не тільки на підставі даних про рівень забруднення ґрунту, а й з урахуванням комплексу виробничих та екологічних факторів. Точкою відліку рівня забруднення продукції, що споживається населенням України, є рівень природного  $\gamma$ -фону (табл. 12.1).

Таблиця 12.1. – Рівень забруднення ґрунту

Ступінь забруднення ґрунту	Показник фону
Чистий	Природний фон
Слабо забруднений	Вище природного фону в 1,5 раза
Помірно забруднений	Вище природного фону в 2 рази
Сильно забруднений	Вище природного фону в 3 рази

Радіаційний фон – радіоактивне випромінювання, зумовлене дією природних і техногенних джерел, в умовах якого постійно перебуває людина. Природний радіаційний фон складається з космічної радіації (протони, альфа-частинки, гамма-промені), випромінювання природних радіоактивних речовин, що присутні у ґрунті, і випромінювання тих радіоактивних речовин (також природних), що потрапляють до нашого організму з повітрям, їжею, водою.

Джерелами випромінювань є понад 60 природних радіонуклідів, у тому числі 32 радіонукліди урано-радієвого й торієвого сімейств, близько 11 довгоживучих радіонуклідів, що не входять у ці сімейства (Калій-40, Рубідій-87 й інші), що мають періоди напіврозпаду від 107 до 1015 років. Близько 2/3 дози

опромінення людина одержує від природних джерел радіації, що потрапили в організм з їжею, водою і повітрям. Особливо небезпечні для людини радіонукліди, що потрапили усередину організму.

У зв'язку з можливістю потрапляння до організму людини через їжу радіоактивних речовин, особливо радіонуклідів Цезію-137 і Стронцію-90, в Україні затверджений допустимий рівень вмісту цих елементів у харчових продуктах. На територіях без значного радіоактивного забруднення отримують продукцію з вмістом радіонуклідів – до 15 Бк/кг. У 2-3 рази більше забруднення мають дикорослі гриби та ягоди, що становлять підвищений ризик і є недостатньо контролюваною продукцією. Меншою мірою зустрічаються забруднені джерела питної води та частіше є забрудненими об'єкти зовнішнього середовища (вода відкритих водойм, будівельні матеріали, деревина, лікарські рослини тощо).

Промислове та аграрне виробництво виступають джерелом забруднення ґрунтів на важкі метали канцерогенної дії, хвороботворні бактерії та інші токсичні сполуки для людини, флори і фауни (рис. 12.2).



Рисунок 12.1. – Джерела забруднення ґрунту.

*Коефіцієнт дискримінації (КД)* – частка від ділення кількості стронцієвих або цезієвих одиниць в об'єкті на відповідну їх кількість у попередній ланці ланцюга міграції радіоактивних речовин.

*Період напіввиведення елемента* – час, протягом якого активність нагромадженої в організмі радіоактивної речовини знижується вдвічі унаслідок процесів біологічного виділення під час природних процесів обміну

## 12.2 Лабораторна частина

1. **Завдання:** Розрахувати прогнозне нагромадження цезію у сільськогосподарській продукції. Вихідні дані до роботи в табл.12.2

Таблиця 12.2. – Вихідні дані до розрахунків

Культура	Орган рослини	Вміст $^{137}\text{Cs}$ у ґрунті, мкКі/кг	Вміст калію у ґрунті, г/кг	КД $^{137}\text{Cs}$
Пшениця	зерно	4,32	6,25	0,4
Ячмінь	солома	5,36	7,04	0,7
Буряк	коренеплід	6,27	8,72	0,8
Капуста	качан	7,21	5,60	0,9
Люцерна	сіно	8,02	8,10	0,6

2. Розрахувати кількість цезієвих одиниць у ґрунті, для чого поділити вміст  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті (мкКі/кг) на вміст калію (г/кг) та помножити результат на 106 для переведення мкКі/г у пКі/г.
3. Обчислити прогнозне нагромадження цезію в продукції множенням розрахованої кількості цезієвих одиниць на коефіцієнт дискримінації (КД)  $^{137}\text{Cs}$  за кожним видом продукції.
4. Результати оформити у вигляді табл. 12.3

Таблиця 12.3. - Розрахунок нагромадження цезію в продукції

Культура	Орган рослини	Кількість цезієвих одиниць у ґрунті	Кількість цезієвих одиниць у продукції
Пшениця	зерно		
Ячмінь	солома		
Буряк	коренеплід		
Капуста	качан		
Люцерна	сіно		

5. Проаналізувати отримані дані та відповісти письмово на запитання для самоперевірки

## Питання для самоперевірки

1. Яка продукція накопичує максимальну та мінімальну кількість цезієвих одиниць?
2. Які фактори зумовлюють варіацію коефіцієнтів дискримінації для різних культур?
3. Чому існує позитивна кореляція між поглинанням калію та цезію?
4. Який орган рослини пшениці найменшою мірою накопичує радіонукліди при поглинанні їх з ґрунту?
5. Який орган рослини кукурудзи найбільшою мірою накопичує радіонукліди при поглинанні їх з ґрунту?
6. Яка культура накопичує максимальну кількість стронцію з ґрунту?
7. Який вид обробки ґрунту є максимально ефективним для запобігання потраплянню радіонуклідів у сільськогосподарські рослини?
8. Які добрива найбільшою мірою сприяють надходженню радіонуклідів до рослин?



## Список літератури

1. Іваненко В. Ф. Органічне землеробство: лабораторний практикум. К.: КНЕУ, 2018. С. 141.
2. Лагутенко О.Т. Агроєкологія: лабораторний практикум. К., НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2012. С. 88.
3. Методи оцінки і районування мікрокліматичної мінливості радіаційно-теплових ресурсів України для оптимізації розміщення сільськогосподарських культур //Під ред. М.І. Кульбіді, З.А. Міщенко. - Київ, УкрГМЦ, 2004. С.111.
4. Мищенко З.А. Агрокліматологія. К.: КНТ, 2009. С 511.
5. Міщенко З.А., Ляшенко Г.В. Мікрокліматологія: навчальний посібник. К: КНТ, 2007. С. 336.
6. Телегуз О. Г. Шпаківська І. М, Єфімчук Н. М. Практикум з агроєкології : навчально-методичний посібник . Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2017. С.176.
7. Електронна бібліотека ОДЕКУ [www.library-odeku.16mb.com](http://www.library-odeku.16mb.com)
8. Репозитарій ОДЕКУ <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>

## ДОДАТКИ

Таблиця А.1. - Середні багаторічні значення місячних денних температур повітря ( $^{\circ}\text{C}$ )

Станція	місяць								
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Чернігів	-1.4	6.8	14.4	17.5	19.4	18.2	13.2	6.8	0.6
Житомир	-0.4	7.0	13.9	17.0	18.9	17.8	13.1	7.2	1.3
Київ, обл	-0.4	7.5	14.7	17.8	19.8	18.7	13.9	7.5	1.2
Львів	0.3	6.7	12.7	15.2	17.4	16.5	13.0	7.7	2.4
Полтава	-1.3	7.6	15.0	18.3	20.6	19.7	14.3	7.4	0.6
Харків	-1.7	7.7	15.1	18.6	20.8	19.7	14.0	7.1	0.3
Умань	-0.3	7.4	14.3	17.5	19.5	18.9	13.9	7.8	1.4
Чернівці	1.5	8.3	14.3	17.4	19.3	18.6	14.2	8.6	2.4
Кривий Ріг	1.0	8.8	16.0	19.6	22.4	21.4	16.2	9.4	2.0
Одеса	2.0	8.2	15.0	19.4	22.2	21.4	16.9	11.4	5.3
Херсон	2.2	9.3	16.2	20.0	23.0	21.9	16.8	10.5	4.1
Клепініно	2.6	8.9	15.0	19.8	22.8	22.0	16.5	11.0	5.0
Сімферополь	3.0	9.3	14.6	19.0	21.8	21.2	16.4	11.4	5.8
Севастополь	5.3	9.5	14.9	19.4	22.4	22.1	18.0	13.6	8.6
Феодосія	4.2	9.6	15.8	20.4	23.8	23.2	18.5	13.1	7.3
Ялта	5.9	10.3	15.6	20.3	23.7	23.5	19.1	14.2	9.3

Таблиця А.2. - Середні багаторічні значення місячних сум сумової радіації, МДж/м<sup>2</sup>

Станція	φ	місяць								
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Чернігів	51°32′	314,6	444,6	484,8	679,6	579,6	479,8	306,6	224,8	88,6
Житомир	50°22′	320,3	448,8	479,9	672,3	610,6	464,1	290,5	244,7	92,8
Київ, обл	50°27′	318,4	435,8	603,4	662,0	653,5	553,1	393,9	234,6	92,1
Львів	50°46′	267,4	362,2	338,4	560,8	630,4	497,8	295,7	243,2	89,1
Полтава	49°36′	310,1	410,6	578,2	628,5	653,6	519,6	402,2	201,1	92,1
Харків	50°00′	367,4	452,3	458,3	646,8	662,4	488,8	284,5	245,7	131,8
Умань	49°26′	384,7	446,3	422,0	585,8	672,3	543,9	300,4	285,4	122,2
Чернівці	48°32′	396,5	457,6	461,9	613,8	624,7	538,5	364,6	228,5	174,4
Кривий Ріг	48°50′	368,5	520,8	472,7	602,5	675,3	662,2	365,4	324,2	106,4
Одеса	46°29′	360,3	561,5	678,8	695,5	754,2	628,5	477,8	293,3	134,1
Херсон	46°38′	382,3	456,8	640,9	646,8	752,5	680,7	375,4	302,3	185,4
Клепініно	45°34′	376,5	526,8	558,7	637,3	710,5	684,2	384,3	275,6	283,1
Сімферополь	45°18′	368,7	527,9	703,9	729,1	745,8	653,6	502,8	343,6	159,2
Севастополь	44°34′	372,2	534,6	551,2	645,4	720,6	687,0	422,6	326,2	219,2
Феодосія	45°35′	379,3	582,5	475,2	584,3	752,7	683,0	410,4	315,6	204,0
Ялта	44°30′	377,1	536,3	678,8	737,4	762,5	662,0	502,8	343,6	176,0

Таблиця Б.1. - Дати переходу  $T_d$  через 5, 10, 15 °С восени та навесні ( $D_v$ ,  $D_o$ ) та тривалість відповідних теплих періодів з  $T_d$  вище 5, 10, 15 °С ( $N_d$ )

Станція	$D_v$			$D_o$			$N_d$ з $T_d$ вище		
	5 °С	10 °С	15 °С	5 °С	10 °С	15 °С	5 °С	10 °С	15 °С
1									
2									

Таблиця Б.2. - Місячні суми сумової радіації та ФАР за теплий період з  $T_d$  вище 5, 10, 15 °С для горизонтальної поверхні

Станція	Пара-метр	Місяць								За період з $T_d$ вище		
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	5 °С	10 °С	15 °С
1	$\Sigma Q$											
	$\Sigma Q_\phi$											
2	$\Sigma Q$											
	$\Sigma Q_\phi$											

Таблиця Б.3. - Кількісна оцінка сум сумової радіації та ФАР для північних та південних схилів

Станція	Місяць	Північний схил				PM	Південний схил			
		20°	15°	10°	5°		5°	10°	15°	20°
$\Sigma Q$	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VIII									
	IX									
	X									
	XI									
$\Sigma Q_\phi$	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VIII									
	IX									
	X									
	XI									

Таблиця Б.4. - Суми сумової радіації та ФАР за теплий період з  $T_d$  вище 5, 10, 15 °С в різних місцезположеннях

Станція	Параметр	Північний схил				РМ	Південний схил			
		20°	15°	10°	5°		5°	10°	15°	20°
Абсолютні значення										
	$\Sigma Q$ вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									
	$\Sigma Q_{\phi}$ вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									
Відносно рівного місця										
	$\Delta \Sigma Q$ вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									
	$\Delta \Sigma Q_{\phi}$ вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									

Таблиця В.1. – Щорічна сума середньодобових температур повітря вище 10 °С ( $\sum T_c$ )

Рік / Станція	Роздільна $\sum T_c$	Ізмаїл $\sum T_c$	Болград $\sum T_c$	Синельникове $\sum T_c$	Коломак $\sum T_c$	Жмеринка $\sum T_c$	Вінниця $\sum T_c$	Новомиргород $\sum T_c$	Щорс $\sum T_c$	Чапліно $\sum T_c$
1992	3151	3422	3558	3199	2457	2558	3121	3331	3331	3817
1993	2841	3496	3530	3598	2919	2776	2984	3134	3134	4179
1994	3334	3328	3432	2887	2059	3316	2975	3345	3345	3537
1995	3274	3528	3534	2765	3028	3178	2726	3195	3196	3277
1996	2943	3376	3368	2945	2040	2747	3051	3104	3104	3998
1997	2576	3056	3092	3108	2940	3312	3226	2989	2989	3609
1998	3517	3625	3650	2867	2892	3039	3096	2967	2967	3651
1999	3440	3761	3787	3268	2836	2751	3171	3434	3434	3311
2000	3410	3608	3596	2880	2382	2545	3145	3517	3518	4037
2001	2927	3167	3220	3249	2855	3301	3044	2912	2913	4218
2002	2874	3028	3270	3275	2960	3517	2996	3061	3062	3759
2003	3136	3113	3178	3167	2938	3328	3152	3000	3001	4194
2004	3170	3268	3530	3372	3203	3262	3109	3642	3643	3167
2005	3245	3338	3469	3710	2583	3432	3359	3039	3039	3028
2006	3224	3193	3277	3042	2717	3387	3191	2919	2919	3113
2007	3318	3572	3753	3046	2739	3370	3266	3358	3358	3268
2008	2989	3136	3184	3139	2781	3228	3313	2718	2718	3338
2009	2769	2713	2839	3508	2475	3105	3200	2678	2678	3193
2010	3113	2995	3069	2713	3069	3097	3550	2821	2822	3069
2011	3121	3220	3200	2576	3012	2876	3234	2246	3114	3012
2012	2893	2978	3095	3251	2261	3165	3159	2431	3531	2261
2013	3186	3183	3201	3398	3165	3321	3351	2068	3331	3165
2014	3329	3474	3072	3041	2492	3206	3300	2441	3795	2492
2015	3156	3102	3454	3024	3135	3272	3281	2212	3875	3186
2016	2449	3290	3134	3312	2690	3249	3564	2257	3684	3329
2017	2288	3472	3294	3145	3374	3159	3357	2337	4056	3156
2018	2584	2918	3472	2976	2142	3117	3399	2426	3471	2449
2019	2860	3176	2963	2814	1276	3255	3298	2500	3780	3108
2020	2206	3038	3050	2553	1651	3217	3609	2193	3955	2867

Таблиця В.2. - Щорічні дані по ( $\sum T_c$ ) вище 10 °С для розрахунку середньої багаторічної суми температур, середнього квадратичного відхилення та сумарної імовірності на ст....

Рік	$\sum T_c$	$m_i$	$\sum T_c$ (уб), °С	$P_x$ , %
1992		1	3517	
.		2	.	
.		3	.	
.			.	
.			.	
.			.	
.			.	
.			.	
.			.	
2020		29	2206	
Середні		$\sigma$		

Таблиця В.3. - Сумарна імовірність (забезпеченість) сум температур повітря ( $\sum T_c$ ) вище 10 °С на ст....

Параметри	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
$\sum T_c$											
$\Delta \sum T_c$											



Таблиця Г.1. – Вихідні дані: щорічні значення абсолютного мінімуму температури повітря, °С

Рік	Саврань	Кодима	Роздільна	Болград	Одеса	Ізмаїл	Вінниця	М.- Подільський	Козятин	Подільськ
<b>1990</b>	-19,6	-17,9	-15,7	-12,8	-12,5	-10,3	-21,9	-15,7	21,7	-14,1
1991	-19,8	-18,5	-17,5	-9,3	-9,1	-8,8	-20,0	-20,9	-24,8	17,8
1992	-25,3	-20,5	-20,5	-15,9	-16,7	-12,7	-18,3	-9,2	-20,1	-23,0
1993	-28,9	-28,9	-25,8	-20,3	-22,2	-22,0	-15,4	-19,3	-33,8	-18,4
1994	-14,9	-17,7	-16,1	-16,7	-7,4	-17,0	-18,3	-9,4	-22,9	-28,4
1995	-27,7	-22,7	-22,4	-11,9	-12,0	-11,7	-25,0	-13,0	-21,5	-19,4
1996	-18,9	-17,3	-16,6	-14,6	-13,0	-13,0	-23,6	-8,5	25,8	11,0
1997	-21,9	-22,7	-16,1	-11,0	-11,2	-11,2	-24,8	-12,9	-16,1	-14,5
1998	-16,3	-17,3	-16,8	-14,5	-11,4	-13,6	-17,9	-10,5	-22,4	-11,2
1999	-21,7	-16,8	-16,1	-11,2	-8,4	-6,1	-14,0	-10,6	-16,6	-18,8
<b>2000</b>	-24,8	-13,6	-20,7	-18,8	-15,9	-17,8	-13,4	-15,0	-16,1	-11,0
2001	-20,1	-17,8	-18,1	-11,0	-8,1	-11,8	-13,6	-8,6	-16,8	-23,6
2002	-33,8	-23,0	-24,9	-23,6	-20,4	-25,4	-12,0	-17,7	-16,1	11,0
2003	-22,9	-18,4	-20,5	-25,8	-17,4	-16,9	-13,3	-15,1	25,8	-14,5
2004	-21,5	-28,4	-18,1	-16,1	-11,5	-11,5	-18,7	-17,0	-16,1	-11,2
2005	-26,0	-19,4	-19,2	-22,4	-9,2	-12,5	-19,4	-9,3	-22,4	-18,8
2006	-24,8	-16,5	-20,5	-16,6	-17,7	-21,0	-22,8	-18,6	-16,6	-11,0
2007	-24,0	-18,3	-18,1	-16,1	-16,1	-20,8	-16,4	-11,4	-16,1	11,5
2008	-23,6	-23,5	-19,2	-16,8	-17,6	-18,8	-14,3	-5,9	-16,8	-12,5
2009	-21,8	-21,5	-19,2	-16,1	-14,7	-10,4	-12,1	-21,0	-16,1	-21,0
<b>2010</b>	-17,9	-20,0	-22,0	-18,0	-8,5	-8,2	-14,4	-9,6	16,9	-20,8
2011	-26,0	-19,1	-19,4	-20,8	-20,4	-21,6	-11,8	-19,7	-11,5	-18,8
2012	-17,0	-12,9	-13,2	-18,9	-14,7	-15,6	-14,4	-8,5	-12,5	21,9
2013	-18,0	-21,5	-11,4	-12,3	-13,3	-10,3	-20,5	16,5	-21,0	-16,3
2014	-14,4	-20,0	-20,9	-9,6	-6,4	-9,6	-16,1	-18,3	-20,8	-21,7
2015	-26,0	-15,6	-14,5	-21,1	-14,6	-12,8	-20,2	-23,5	-18,8	-24,8
2016	-18,5	-9,2	-16,4	-13,5	-13,3	-13,9	-15,6	-21,5	14,6	-20,1
2017	-22,2	-20,5	-8,8	-15,5	-11,7	-15,9	-13,8	-20,0	-13,3	-33,8
2018	-18,6	-17,3	-12,2	-8,8	-16,4	-20,0	-10,5	18,0	-11,7	18,1
2019	-21,9	-14,6	-14,5	-12,2	-13,0	-17,0	-16,0	-12,7	-16,4	-24,9
<b>2020</b>	-20,0	-14,0	-15,4	-15,1	-8,5	-9,3	-10,3	-13,9	-9,4	-20,5

Таблиця Г.2 - Щорічні дані по  $T_{мп}$  і  $T_{мз}$  для розрахунку статистичних параметрів з сумарною ймовірністю на ст.....

Рік	n	$T_{мп_i}, ^\circ C$	$T_{мп}, ^\circ C$ у порядку зменшення	$T_{мз_i}, ^\circ C$	$T_{мз_i}, ^\circ C$ у порядку зменшення	$P_{м_i}, \%$
1990						
1991						
1992						
.						
.						
.						
.						
2020						
$\Sigma T_{мп}$				$\Sigma T_{мз}$		
$\sigma_{мп}$				$\sigma_{мз}$		
$C_{мп}$				$C_{мз}$		

Таблиця Г.3. – Ймовірність можливих значень  $T_{мп}$  і  $T_{мз}$  в окремі роки по ст.....

Показник	Ймовірність, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Коефіцієнт К	-2,25	-1,28	-0,84	-0,52	-0,25	0	0,25	0,52	0,84	1,28	2,25
	а) $T_{мп}$										
Відхилення ( $\sigma_{мп} = \dots$ )											
Можливі $T'_{мп}$ по відхиленню від середньої											
	б) $T_{мз}$										
Відхилення ( $\sigma_{мз} = \dots$ )											
Можливі $T'_{мз}$ по відхиленню від середньої											

Таблиця Г.4. – Середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря ( $T'_{мп}$ ) і ґрунту на глибині 3 см ( $T'_{мз}$ ) різної забезпеченості на ст.....

Параметр	Ймовірність, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$T'_{мп}$											
$T'_{мз}$											

Таблиця Г.5. – Критична температура для надземних частин сортів винограду з різною морозостійкістю

Морозостійкість	$T_{кр}, ^\circ C$	Сорт
1. Дуже слабка	-17, -18	Королева виноградників, Кардинал, Карабурну та ін..
2. Слабка	-19, -20	Алеатко, Мускат білий, Мальбек, Перлина, Сабо та ін.
3. Середня	-20, -22	Аліготе, Фетяска, Токай, Сенсо та ін.
4. Підвищена	-22, -24	РіслінгЮ Каберне-Совіньон, Ркацителі, Піно, Шардоне, Молдова, Мерло та ін.
5. Висока	-24, -26	Ізабелла, Лідія, Сапераві, Північний та ін.

Таблиця Г.6. - Оцінка кліматичних умов перезимівлі озимих культур за температурою ґрунту на глибині вузла кущіння

Типи зими в районі	Умови перезимівлі озимих культур	Абсолютний мінімум температури, °С			Ймовірність температури, %, в окремі зими		
		середній	найбільший	найменший	-5. -15 °С (оптимум)	Нижче -16 °С	Нижче -20 °С
Дуже м'яка	Відмінні	-4, -8	-1, -3	-11, -14	80-90	-	-
М'яка	Добрі	-8, -12	-2, -8	-12, -20	70-80	5-20	-
Помірно-холодна	Задовільні	-12, -16	-3, -10	-18, -22	50-80	20-20	5-20
Холодна	Нижче задовільних	-16, -20	-10, -15	-20, -30	20-50	50-80	20-50
Дуже холодна	Погані	-20, -24	-12, -17	-25, -30	10-20	80-90	50-70
Суорова	Погані	-23, -25	-15, -18	-30	-	100	70-80
Дуже суорова	Дуже погані	-28, -32	-18, -20	-35	-	100	100

Методичні вказівки  
з дисципліни "Екологічні основи землеробства та сільськогосподарська  
радіоекологія"  
до практичних робіт  
для студентів рівня вищої освіти «бакалавр»  
зі спеціальності – **193** "Геодезія та землеустрій"  
Освітня програма – "Землеустрій та кадастр"

Укладач: к.г.н., доцент Кирнасівська Н.В.

---

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