

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до практичних занять з навчальної дисципліни  
«УПРАВЛІННЯ АГРОЕКОСИСТЕМАМИ»

для бакалаврів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»,

Затверджено  
на засіданні групи забезпечення  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»  
Протокол № 1  
від «12» серпня 2022р.

Одеса – 2022

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Управління агроєкосистемами» для бакалаврів денної та заочної форм, 3-го року навчання за спеціальністю: 193 «Геодезія та землеустрій» // Жигайло О.Л. канд. геогр наук, доц., Одеса, ОДЕКУ, 2022 р., 62 с.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....		4
<b>1</b>	<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ «ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ АГРОЕКОСИСТЕМ ЗА РАХУНОК СІВОЗМІНИ»</b> .....	5
1.1	Загальні теоретичні відомості.....	5
1.2	Практична частина.....	7
<b>2</b>	<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ «ОЦІНКА МЕЛІОРАТИВНОГО СТАНУ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЗА ДАНИМИ МОНІТОРИНГУ»</b> .....	14
2.1	Загальні теоретичні відомості.....	14
2.2	Практична частина.....	18
<b>3</b>	<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ «ОЦІНКА ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ҐРУНТІВ»</b> .....	22
3.1	Загальні теоретичні відомості.....	22
3.2	Практична частина.....	24
<b>4</b>	<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ «ОПТИМІЗАЦІЯ БАЗОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА»</b> .....	26
4.1	Загальні теоретичні відомості.....	26
4.2	Практична частина.....	31
<b>5</b>	<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ «ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ АГРОЛАНДШАФТІВ»</b> .....	34
5.1	Загальні теоретичні відомості.....	34
5.2	Практична частина.....	36
	5.2.1 Приклад визначення екологічної стійкості ландшафту.....	36
	5.2.2 Приклад визначення ступеню антропогенного впливу на земельні ресурси.....	38
<b>6</b>	<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ «ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ»</b> .....	42
6.1	Загальні теоретичні основи методів розрахунку.....	42
6.2	Підготовка початкової інформації для виконання розрахунків .....	47
6.3	Вихідна інформація – результати розрахунків.....	48
6.4	Практична частина.....	49
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....		55
<b>ДОДАТКИ</b> .....		56

## ПЕРЕДМОВА

**Метою** вивчення дисципліни є освоєння студентами екологічних підходів до управління агроєкосистемами, які дозволяють зберігати основну компоненту агроєкосистеми – ґрунт.

Дана методична робота присвячена методам розрахунку екологічних характеристик, які дозволяють оцінити стан агроєкосистем та аграрних ландшафтів: вміст гумусу в ґрунті у сівозміні, засолення і осолонцювання ґрунтів в умовах зрошення, оцінити ерозійну небезпеку ґрунтів, просторову однорідність земель та стійкість агроландшафтів, а також продуктивність агрофітоценозів. Методи, що пропонуються для оцінки якості ґрунтів виконуються програмою Microsoft Office Excel. Методи, що призначаються для оцінки продуктивності агрофітоценозів на мові «Фортран» для ПЕОМ. Програми для ПЕОМ для виконання розрахунків є в фонді 4 алгоритмів та програм кафедри агрометеорології та агроєкології.

Після виконання практичних робіт студенти повинні знати:

- ✓ теоретичні основи методів розрахунку;
- ✓ способи підготовки вихідної інформації для виконання розрахунків;
- ✓ виконання розрахунків за допомогою ПЕОМ.

Після виконання практичних робіт студенти повинні вміти:

- ✓ вести підготовку вихідної інформації;
- ✓ виконувати розрахунки ;
- ✓ аналізувати отримані результати;
- ✓ надавати рекомендації.

**Мета** даних методичних вказівок полягає в наданні допомоги бакалаврам землевпорядникам денної та заочної форм навчання при виконанні практичних робіт з дисципліни «Управління агроєкосистемами» за темами: «Оптимізація структури агроєкосистем за рахунок сівозміни», «Оцінка меліоративного стану зрошуваних земель за даними моніторингу», «Оцінка ерозійної небезпеки ґрунтів», «Оптимізація базових елементів систем землеробства», «Оцінка екологічної стійкості агроландшафтів» та «Оцінка продуктивності агроценозів».

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів ЗМ-П1 і ЗМ-П2 полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, створювати аналіз і надавати рекомендації, у повноті відповідей на запитання. ЗМ-П1 включає 3 практичних роботи, перша і друга роботи оцінюються у 15 балів (з них 9 балів за розрахункову частину і 6 балів за відповіді на запитання), третя робота оцінюється у 10 балів (з них 6 балів за розрахункову частину і 4 бали за відповіді на запитання).

ЗМ-П2 включає 3 практичних роботи, перша і друга роботи оцінюються у 10 балів (з них 6 балів за розрахункову частину і 4 бали за відповіді на запитання), третя робота оцінюється у 20 балів (з них 12 балів за розрахункову частину і 8 балів за відповіді на запитання).

# 1 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ: «ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ АГРОЕКОСИСТЕМ ЗА РАХУНОК СІВОЗМІНИ»

## 1.1 Загальні теоретичні відомості

**Сівозміна** – це науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і парів у часі і на території або тільки в часі. Чергування в часі означає, що відбувається щорічна або періодична зміна культур і чистого (зайнятого) пару на конкретно взятому полі.

Кожна сівозміна розглядається як найважливіший засіб успішного підбору і розміщення сільськогосподарських культур у часі і просторі. Одночасно склад і схема чергування культур в сівозміні виступають в якості найважливішого засобу біологізації і екологізації всього технологічного циклу, порядок реалізації якого залежить від ґрунтово-кліматичних, погодних та економічних умов (вологозабезпечення, фітосанітарної ситуації, кон'юнктури ринку тощо.).

Основна агробіологічна роль сівозміни полягає в тому, щоб забезпечити оптимальні співвідношення в системі «рослина - середовище», тобто відповідність у часі та просторі адаптивного потенціалу культивованих видів і сортів особливостям ґрунту, погоди, мікроклімату і агротехніки, що робить вирішальний вплив на величину і якість врожаю.

**Підтримка і підвищення родючості ґрунту** - одна з головних функцій сівозміни, реалізація якої забезпечується за рахунок правильного підбору культур і оптимальної схеми їх чергування (ротації) або поєднання. При цьому важливо враховувати, що кожна культура в сівозміні виконує свою специфічну роль не тільки в якості попередника (визначаючи запаси NPK, гумусу та ін.), Але і фітосанітарну, а також протиерозійну. Схема сівозміни (його територіальна організація, набір культур і їх ротація) будується з урахуванням ґрунтово-кліматичних і погодних умов кожної місцевості.

Інтегральним показником рівня потенціальної родючості ґрунту є вміст у ньому органічної речовини, тобто гумусу.

**Значення балансу гумусу в сівозміні.** Гумус є складовою частиною твердої фази ґрунту органічного походження. Незважаючи на те, що масова доля гумусу становить всього від 1 до 10% твердої фази, проте екологічна роль його надзвичайно велика. Він є акумулятором органічних речовин та пов'язаною з ним енергією, яка сприяє стабільності біосфери. Енергія речовин органічних залишків в ґрунті використовується мікроорганізмами та безхребетними тваринами для своєї життєдіяльності, для фіксації азоту, а також для багатьох процесів, що протікають в ґрунті.

З запасами гумусу тісно пов'язані щільність, пористість, структура, водні, повітряні та теплові властивості ґрунту. В тісному зв'язку з наявністю

органічних речовин в ґрунті знаходяться й фізико-хімічні властивості такі, як ємність вбирання, буферність.

Органічні речовини ґрунту є джерелом багатьох поживних компонентів, і перш за все, азоту: 50 % цього елемента рослини беруть із запасів ґрунту.

Гумусовий стан ґрунту є важливим показником його родючості та стійкості як компонента біосфери. Окремі його параметри служать об'єктом моніторингу навколишнього середовища. Отже роль гумусу, який входить до складу ґрунту, надзвичайно велика та різноманітна.

Встановлено, що при сучасному стані землеробства, коли розорюються схилі землі, розширюються площі зрошуваних земель, зменшується травосіяння та збільшується доля просапних культур в сівоzmінах, спостерігається значне зниження гумусу в ґрунті. В районах Полісся середньорічні втрати гумусу тільки за рахунок мінералізації складають 0,7-0,8 т/га; в районах Лісостепу – 0,6-0,7 т/га, а в Степу – 0,5-0,6 т/га. Тільки з початку двадцятого століття середній вміст гумусу в ґрунті знизився на 30%.

Втрата гумусу призводить до зниження родючості ґрунту, ускладнення екологічної ситуації навколишнього середовища.

Для того, щоб запобігти зниженню гумусу в ґрунті, необхідно дотримуватися одного з основних законів землеробства – закону повернення речовин в ґрунт.

Оскільки основним матеріалом для утворення гумусу є органічні рештки різного походження, що в нього потрапляють, то першочерговим завданням по збагаченню гумусом ґрунту вважається надходження органічних речовин у вигляді післяжнивних та післяукісних решток, вирощування багаторічних трав, внесення гною та інших органічних добрив.

Вважається, що для бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті, потрібно вносити щорічно на один гектар сівоzmіни в умовах Полісся 13-15 тон гною, в лісостепових та степових районах – відповідно 9-11 та 7-9 тон. Це в середньому, але в залежності від типу та виду сівоzmіни, ці норми, безперечно, можуть мінятися.

При насиченні сівоzmіни просапними культурами – вони збільшуватимуться, а при введенні в сівоzmіну багаторічних трав – навпаки, зменшуватимуться.

#### Запитання для самоперевірки

1. Дати визначення сівоzmіні
2. Що розуміють під ротацією?
3. Що є інтегральним показником рівня потенціальної родючості ґрунту?
4. Який закон землеробства запобігає зниженню гумусу в ґрунті?
5. З яких витратних статей складається баланс гумусу?
6. З яких прибуткових статей складається баланс гумусу?

7. За допомогою яких характеристик ґрунту розраховується вміст гумусу в орному шарі ґрунту?
8. Які показники ґрунтово-рослинного покриву сприяють мінералізації гумусу?
9. Під якими культурами ерозійні процеси ґрунтів є більш інтенсивні?
10. Охарактеризувати агрокультури за коефіцієнтом гуміфікації рослинних рештків (озима пшениця, соняшник, цукровий буряк та інші).
11. Як створити бездефіцитним вміст гумусу в ґрунті?

## 1.2 Практична частина

Кожен студент одержує індивідуальне завдання, проводить необхідні розрахунки для визначення балансу гумусу в сівозміні, аналізує отримані результати.

**Приклад розрахунку балансу гумусу в ґрунті.** Як відомо, кожний баланс складається з витратних та прибуткових статей. До витратних статей відносяться: мінералізація гумусу, ерозійні процеси; до прибуткових – рослинні рештки та органічні добрива.

Всі розрахункові дані записуємо в таблиці 1.1

Спочатку вписуємо в першу та другу колонки номера полів та чергування культур в сівозміні. Для прикладу візьмемо дев'ятипольну польову 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 до динаміки гумусу в ґрунті виконуються по кожній культурі та чорному пару окремо, поступово переходячи від одного до наступного.

Отже першим полем у нас буде чорний пар. В колонку “3” вписуємо площу, яку він займає. Для зручності розрахунків всі поля в сівозміні візьмемо за 1 гектар.

Так як, чорний пар не дає ніякої продукції, то у колонці “4” ставимо риску.

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

$$Г = r d_v H, \quad (1.1)$$

де  $Г$  – вміст гумусу, т/га,  $r$  – відсоток гумусу в ґрунті (за матеріалами ґрунтового обстеження);  $d_v$  – щільність ґрунту (об'ємна маса), т/см<sup>3</sup>;  $H$  – глибина орного шару, см.

Таблиця 1.1 - Розрахунок балансу гумусу в ґрунті \_\_\_\_\_ сівозміни

№ поля	Культура	Площа, га	Урожай, т/га	Вміст гумусу в орному шарі		Мінералізація гумусу, т/га	Змив, т/га		Загальні втрати гумусу, т/га	Коефіцієнт виходу рослинних решток	Вихід рослинних рештків, т/га	Вихід гумусу, т/г	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	»	135,3	0,60	2	0,08	0,68	1,1	5,5	1,37	135,99	+0,69
3	Цукровий буряк													
4	Горох													
5	Озима пшениця													
6	Кукурудза на зерно													
7	Кукурудза на силос													
8	Озима пшениця													
9	Соняшник													



Приклад: в чорноземі звичайному, важкосуглинистому у верхньому шарі міститься 3,8% гумусу (  $\tau$  ), при щільності ґрунту ( $d_v$ ) – 1,2 г/см<sup>3</sup>, та глибині орного шару (Н) – 30 см.

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

Таким чином в колонку «5» заносимо цифру 3,8, а в колонку 2:2 – 136,8. Така кількість гумусу була в орному шарі під чорним паром спочатку.

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. 1.2).

Таблиця 1.2 – Мінералізація гумусу під сільськогосподарськими культурами на ґрунтах різного механічного складу, т /га

Культура	ґрунти за механічним складом				
	Пшениця	Супіщані	Легко суглинкові	Середньо суглинкові	Важко суглинкові
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
Цукрові буряки	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

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 змикають 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 та багаторічних трав – 0,01-0,05.

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

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

Так як в полі чорного пару в ґрунт не поступає ніяких решток, то в колонках “11”; “12” та “13” ставимо риски.

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

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

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

Мінералізація гумусу під озимою пшеницею складе 0,6 т/га (табл. 1.2). 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, що потрапляє в ґрунт залежить від вирощуваної культури (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Вихід післяжнивних та корневих залишків 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
Цукрові буряки	0,04
Картопля	0,06
Кукурудза на силос	0,16
Однорічні трави на сіно	0,8
Багаторічні трави на силос	1,5
Однорічні та багаторічні трави на зелений корм	0,2

Якщо врожайність основної продукції озимої пшениці у нас була 5 т/га, то органічних решток надійде в ґрунт 5,5 т/га, так як коефіцієнт складає 1,1.

В результаті гуміфікації цих решток в ґрунт надійде 1,37 т/га гумусу ( $5,5 \cdot 0,25$ ) – дивись табл. 1.4.

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

За такою методою ведеться розрахунок балансу гумусу по всіх культурах сівозміни.

Таблиця 1.4 – Коефіцієнт гуміфікації рослинних рештків та органічних добрив

Культура	Коефіцієнт гуміфікації
Люцерна та інші багаторічні трави	0,25
Горох, інші зернобобові культури	0,23
Ячмінь	0,22
Кукурудза на зерно	0,20
Озима пшениця на зерно	0,20
Кукурудза на силос, інші силосні культури	0,17
Соняшник	0,14
Картопля, інші бульбоплоди	0,13
Озима пшениця на зелений корм	0,13
Цукровий буряк	0,10
Органічні добрива (гній)	0,23

Після того як буде підраховано загальний баланс гумусу в сівозміні, а він безумовно від’ємним, приступають до розрахунків потреби в органічних добривах, щоб створити бездефіцитним 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 того, щоб одержати 4 т. гумусу необхідно розрахувати пропорцію:

$$1 - 0,080$$

$$x - 4,0$$

$$X = \frac{4,0 \cdot 1}{0,08} = 50 \text{ т}$$

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 в 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 сівоzmіні це будуть цукрові буряки, 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 достатньо часу, щоб до останньої оранки справитись з цим завданням.

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

Вихідні дані для визначення балансу гумусу у сівоzmіні:

**Варіант 1.** Визначити середньорічний баланс гумусу у сівоzmіні для умов Південного Степу України.

№ п/п	Чергування культур	Урожай, ц/га
1.	Пар чорний	
2.	Озима пшениця	50
3.	Кукурудза на зерно	50
4.	Ячмінь із підсівом багаторічних трав	26
5.	Багаторічні трави	200
6.	Озима пшениця	46
7.	Соняшник	20

**Варіант 2.** Визначити середньорічний баланс гумусу в сівоzmіні для умов Південного Степу України.

№ п/п	Чергування культур	Урожай, ц/га
1.	Пар зайнятий (озиме жито )	180
2.	Озима пшениця	50
3.	Кукурудза на зерно	50
4.	Ячмінь із підсівом люцерни	18
5.	Люцерна	200
6.	Озима пшениця	46
7.	Кукурудза на зерно	45

**Варіант 3.** Визначити середньорічний баланс гумусу в сівозміні для умов Південного Степу України.

№ п/п	Чергування культур	Урожай, ц/га
1.	Пар чорний	-
2.	Озима пшениця	50
3.	Кукурудза на зерно	50
4.	Ячмінь із підсівом еспарцету	15
5.	Еспарцет	120
6.	Озима пшениця	46
7.	Кукурудза на силос	250
8.	Озимий ячмінь	34
9.	Соняшник	18

**Варіант 4.** Визначити середньорічний баланс гумусу сівозміні для умов Південного Степу України.

№п/п	Чергування культур	Урожай, ц/га
1.	Пар чорний	-
2.	Озима пшениця	50
3.	Зернобобові (горох)	22
4.	Озима пшениця	46
5.	Пар зайнятий (кукурудза на зелений корм)	180
6.	Озима пшениця	38
7.	Соняшник	20

**Варіант 5.** Визначити середньорічний баланс гумусу в сівозміні для умов Південного Степу України.

№п/п	Чергування культур	Урожай, ц/га
1.	Пар чорний	-
2.	Озима пшениця	50
3.	Ячмінь із підсівом еспарцету	17
4.	Еспарцет	120
5.	Зернобобові (соя)	22
6.	Озима пшениця	46
7.	Соняшник	18

## 2. ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ: «ОЦІНКА МЕЛІОРАТИВНОГО СТАНУ ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЗА ДАНИМИ МОНІТОРИНГУ»

### 1.3 Загальні теоретичні відомості

**Зрошення** – один з найдавніших способів підвищення продуктивності ґрунтів, а в даний час - один з найважливіших напрямків інтенсифікації сільськогосподарського виробництва в регіонах з недостатнім і нестійким природним зволоженням.

Одне з найбільш небезпечних наслідків зрошення – є засолення земель.

Засолення ґрунтів є підвищення вмісту в них легкорозчинних солей (*карбонату натрію, хлоридів, сульфатів*). Якщо процес засолення обумовлений засоленістю ґрунтоутворюючих порід, привносом солей ґрунтовими і поверхневими водами, то засолення називають первинним або залишковим.

Найчастіше засолення відбувається при нераціональному зрошенні. Цей процес називають вторинним засоленням.

На зрошуваних землях виділяють такі деградаційні процеси, сильна вираженість яких створює кризову ситуацію:

- підйом рівня ґрунтових вод (РГВ) і розвиток процесів підтоплення і вторинного іригаційного гігроморфізму ґрунтів. Площі земель з рівнем ґрунтових вод ближче 3 м складають 17-20% від загальної площі зрошення;
- вторинне засолення зрошуваних ґрунтів. Розвинене на площі 5-7 % від загальної площі зрошення;
- вторинне осолонцювання зрошуваних ґрунтів. Площі земель з різним ступенем солонцюватості досягають 40-50 % від загальної площі зрошення;
- підлужування ґрунтів, збільшення в них лужного резерву та показників загальної і токсичної лужності, величини рН;
- дегуміфікація зрошуваних ґрунтів, агрофізична деградація та інше.

Показники оцінки ґрунтово-меліоративного гідрогеологічного стану зрошуваних земель наведені в табл. 2.1.

*Глибина залягання рівня ґрунтових вод* – один з найбільш важливих показників меліоративного стану зрошуваних земель.

За умов експлуатації та ведення меліоративного кадастру пропонується оцінювати гідрогеологічний стан глибиною залягання ґрунтових вод у відношенні до критичної ( $H_{\text{критич.}}$ ).

Таблиця 2.1 – Оцінка показників ґрунтово-меліоративного і гідрогеологічного стану зрошуваних земель

Показник	Стан та оцінка, бал				
	добрий 0,2	задовільний 1,0	задовільний з загрозою погіршення 5,0	незадовільний 25,0	надто незадовільний 125,0
Глибина залягання ґрунтових вод, м	більше $H_{\text{критичн.}}$	дорівнює $H_{\text{критичн.}}$ з дренажем	дорівнює $H_{\text{критичн.}}$ без дренажу	-	менш $H_{\text{критичн.}}$
Мінералізація ґрунтових вод, г/дм <sup>3</sup>	<1	1-3	3-5	>5	-
Ступінь засоленості	не засолені	слабо-засолені	середньо-засолені	сильно-засолені	дуже сильно засолені
Ступінь осолонцювання	не солонцю ваті	слабо-солонцю ваті	середньо-солонцю ваті	сильно-солонцю -ваті	дуже сильно солонцю ваті

Залягання ґрунтових вод у «критичних» глибинах з дренажем характеризується як задовільне, більше  $H_{\text{критичної}}$  – добре, менше  $H_{\text{критичної}}$  – надто незадовільне.

В табл. 2.2 приведено критичні рівні ґрунтових вод на зрошуваних масивах України для Миколаївської та Одеської областей.

Таблиця 2.2 – Критичні рівні ґрунтових вод

Гранулометричний склад ґрунтів							
Легкий				Середній та важкий			
Критичні рівні ґрунтових вод при рівнях мінералізації, г/дм <sup>3</sup>							
<1	1-3	3-5	5-10	<1	1-3	3-5	5-10
1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,5	2,0-2,5	1,5-2,0	1,5-2,5	2,5-3,0	2,0-3,0

Для оцінки мінералізації ґрунтових вод використовують класифікацію Комітету ЮНЕСКО, згідно з якою воду з мінералізацією менше 1 г/дм<sup>3</sup> відносять до прісних,

з мінералізацією 1-3 г/дм<sup>3</sup> – до слабозасолених;

з мінералізацією 3-10 г/дм<sup>3</sup> – до середньозасолених;

з мінералізацією 10-35 г/дм<sup>3</sup> – до сильнозасолених;

з мінералізацією більше 35 г/дм<sup>3</sup> – до розсолів.

*Засоленість ґрунтів* розраховується у верхньому метровому шарі за середньозваженим вмістом кожного іону з урахуванням типу (хімізму) засолення за класифікацією Базілевич Н.І. і Панкової І.І.

*Хімізм (тип) засолення* визначають за даними табл. 2.3.

Для визначення ступеню засоленості кожний іон треба виразити у відсотках за формулою:

$$\text{Іон, \%} = \text{мг-екв іону} \times \text{іонну масу} / 1000. \quad (2.1)$$

Таблиця 2.3 – Тип (хімізм) засолення ґрунтів

За аніонним складом	Відношення аніонів			За катіонним складом	Відношення катіонів		
	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^-}$	$\frac{HCO_3^-}{SO_4^{2-}}$		$\frac{Na^+}{Mg^{2+}}$	$\frac{Na^+}{Ca^{2+}}$	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$
Хлоридний	>2.5	-	-	Натрієвий	>2	2	-
Сульфатно-хлоридний	2.5-1	-	-	Магнієво-натрієвий	>1	>1	>1
Хлоридно-сульфатний	1-0.2	-	-	Кальцієво-натрієвий	>1	>1	<1
Сульфатний	<0.2	-	-	Кальцієво-магнієвий	<1	<1	>1
Содово-хлоридний	>1	<1	>1	Натрієво-кальцієвий	>1	<1	>1
Содово-сульфатний	<1	>1	<1	Магнієво-кальцієвий	<1	<1	<1
Хлоридно-содовий	>1	>1	>1	Натрієво-магнієвий	<1	<1	<1
Сульфатно-содовий	<1	>1	<1	Магнієвий	<1	-	>1

Сума усіх іонів у відсотках складає суму солей, тобто вміст солей у ґрунті. Користуючись табл. 2.4 визначають *ступінь засоленості ґрунту*.



Таблиця 2.4 – Класифікація ґрунтів за ступенем засоленості

Ступінь засолення ґрунтів	Вміст токсичних солей (%) залежно від типу засолення					
	хлоридний	сульфатно-хлоридний	хлоридно-сульфатний	сульфатний	содово-хлоридний, хлоридно-содовий	содово-сульфатний, сульфатно-содовий
Незасолені	<0,03	<0,05	<0,10	<0,15	<0,10	<0,15
Слабо-засолені	0,03-0,10	0,05-0,12	0,10-0,25	0,15-0,30	0,10-0,15	0,15-0,25
Середньо-засолені	0,10-0,30	0,12-0,35	0,25-0,50	0,30-0,50	0,15-0,30	0,25-0,35
Сильно-засолені	0,30-0,60	0,35-0,70	0,50-0,90	0,50-1,40	0,30-0,50	0,35-0,60
Дуже сильно засолені	>0,60	>0,70	>0,90	>1,40	>0,50	>0,60

*Ступінь солонцюватості ґрунтів* визначають за питомою вагою натрію в складі увібраних катіонів. Знаходять суму увібраних катіонів та відсоток натрію від цієї суми. *Ступінь осолонцювання ґрунтів* оцінюється відповідно існуючої класифікації І.Н. Антонова-Каратаєва (табл. 2.5) за вмістом обмінного натрію.

Таблиця 2.5 – Класифікація ґрунтів за ступенем солонцюватості

Ґрунти	Несолонцюваті	Слабо-солонцюваті	Середньо-солонцюваті	Сильно-солонцюваті	Солонці
	% натрію від ємності вбирання				
Високогумусні	<5	5-10	10-15	15-20	>20
Малогумусні	<3	3-5	5-10	10-15	>15

Після визначення всіх цих параметрів згідно з параметрами табл. 2.1 визначають стан зрошуваних земель.

#### Запитання для самоперевірки

1. Яка оцінка надається стану зрошуваного ґрунту, якщо залягання ґрунтових вод більше критичної?
2. Дайте визначення глибині залягання ґрунтових вод?
3. Як розраховується засоленість ґрунтів? Як визначити хімізм (тип) засолення ґрунтів?

4. Назвіть типи засолення ґрунтів за аніонним складом спираючись на класифікацію Базілевич Н.І, Панкової І.І.
5. Яку класифікацію використовують для оцінки мінералізації ґрунтових вод?
6. Як визначити ступінь солонцюватості ґрунтів?
7. За якою класифікацією оцінюється ступінь осолонцювання ґрунтів?
8. За якими параметрами визначають стан зрошуваних земель?

## 2.4 Практична частина

Кожен студент одержує індивідуальне завдання, проводить необхідні розрахунки для визначення стану зрошуваних земель, аналізує отримані результати.

**Приклад проведення розрахунків.** Завдання: оцінити меліоративний стан чорнозему південного важко-суглинкового за даними моніторингу.

Глибина ґрунтових вод – 2,5 м;

Мінералізація ґрунтових вод – 4 г/дм<sup>3</sup>;

Склад водної витяжки, мг·екв/100 г ґрунту:

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 0.30

Ca<sup>2+</sup> – 1.2

Cl<sup>-</sup> – 1.32

Mg<sup>2+</sup> – 3.17

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 6.03

Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> – 3.28

Склад обмінних катіонів, мг·екв/100 г ґрунту:

Ca<sup>2+</sup> – 22.8; Mg<sup>2+</sup> – 3,8; Na<sup>+</sup> – 3.0

Для виконання розрахунків використовують табл. 2.1.

1) Глибина залягання ґрунтових вод:

За вихідними даними мінералізація складає 4 г/л, це входить в діапазон 3-5 (табл. 2.1). Критичний рівень ґрунтових вод  $H_{критич.}$  складає 2.5 – 3.0 (табл. 2.2), стан задовільний з загрозою погіршення.

2) За класифікацією Комітету ЮНЕСКО, воду з мінералізацією 4 г/дм<sup>3</sup> відносять до середньозасолених.

3) Хімізм (тип) засолення ґрунтів визначаємо за табл. 2.3.

Необхідно знайти відношення аніонів та відношення катіонів використовуючи дані складу водної витяжки.

Відношення аніонів:

$$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}} = 1.32/6.03 = 0.22 (<1) \text{ – содово-сульфатний};$$

$$\frac{HCO_3^-}{Cl^-} = 0.30/1.32 = 0.23 (<1) \text{ – содово-хлоридний};$$

$$\frac{HCO_3^-}{SO_4^{2-}} = 0.30/6.03 = 0.05 (<1) \text{ – содово-сульфатний}.$$

Отже, за аніонним складом тип засолення ґрунтів – содово-сульфатний.

Відношення катіонів:

$$\frac{Na^+}{Mg^{2+}} = 3,28/3,17 = 1,03 (>1) \text{ --- магнієво- натрієвий;}$$

$$\frac{Na^+}{Ca^{2+}} = 3,28/1,2 = 2,73 (>1) \text{ – кальцієво- натрієвий;}$$

$$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}} = 3.17/1,2 = 2,64 (<1) \text{ – магнієво- натрієвий.}$$

За катіонним складом тип засолення ґрунтів – магнієво- натрієвий.

4) Для визначення засоленості необхідно кожний іон виразити у відсотках (формула 2.1):

$$\text{ІОН (Cl}^-) = 1,32 \cdot 35,5 / 1000 = 0,047 \%;$$

$$\text{ІОН (HCO}_3^-) = 0,30 \cdot (1+12+16 \cdot 3) / 1000 = 0,018 \%;$$

$$\text{ІОН (SO}_4^{2-}) = 6,03 \cdot (32+16 \cdot 4) / 1000 = 0,58 \%;$$

$$\text{ІОН (Ca}^{2+}) = 1,2 \cdot 40 / 1000 = 0,048 \%;$$

$$\text{ІОН (Mg}^{2+}) = 3,17 \cdot 24,3 / 1000 = 0,077 \%;$$

$$\text{ІОН (Na}^+ + \text{K}^+) = 3,28 \cdot (23+39) / 1000 = 0,2 \%.$$

Сума усіх іонів складає 0,97 % - дуже сильно засолені содово-сульфатні ґрунти (за табл. 2.4).

5) Ступінь солонцюватості ґрунтів визначаємо за питомою вагою натрію в складі увібраних катіонів:

$$\Sigma = 22,8+3,8+3,0=29,6 \text{ (мг-екв/100 г ґрунту).}$$

$$\text{Знайдемо відсоток натрію від цієї суми: } X=3,0 \cdot 100/29,6 = 10,14 \%.$$

Згідно з таблицею 2.5 – це малогумусні 10-15 % сильносолонцюваті ґрунти.

Визначивши всі параметри згідно з таблицею 2.1 необхідно визначити стан зрошуваних земель.

Вихідні дані для визначення стану зрошуваних земель:

**Варіант 1.** Оцінити меліоративний стан чорнозему південного важко-суглинкового за даними моніторингу:

Глибина ґрунтових вод – 3,0 м;

Мінералізація ґрунтових вод – 10 г/дм<sup>3</sup>;

Склад водної витяжки, мг-екв/100 г ґрунту:

HCO<sub>3</sub> – 0,84 Ca<sup>2+</sup> – 0,84

Cl<sup>-</sup> – 1,56 Mg<sup>2+</sup> – 2,40

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 6,92 Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> – 5,72

Склад обмінних катіонів, мг-екв/100 г ґрунту:

Ca<sup>2+</sup> – 18,2; Mg<sup>2+</sup> – 4,0; Na<sup>+</sup> – 5,0.

**Варіант 2.** Оцінити меліоративний стан чорнозему південного важко-суглинкового за даними моніторингу:

Глибина ґрунтових вод – 3,0 м;

Мінералізація ґрунтових вод – 5 г/дм<sup>3</sup>;

Склад водної витяжки, мг·екв/100 г ґрунту:

HCO<sub>3</sub> – 0,14

Ca<sup>2+</sup> – 2,0

Cl<sup>-</sup> – 0,55

Mg<sup>2+</sup> – 2,78

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 6,15

Na<sup>+</sup> – 2,06

Склад обмінних катіонів, мг·екв/100 г ґрунту:

Ca<sup>2+</sup> – 24,0; Mg<sup>2+</sup> – 4,4; Na<sup>+</sup> – 3,4.

**Варіант 3.** Оцінити меліоративний стан чорнозему південного важко-суглинкового за даними моніторингу:

Глибина ґрунтових вод – 1,0 м;

Мінералізація ґрунтових вод – 9 г/дм<sup>3</sup>;

Склад водної витяжки, мг·екв/100 г ґрунту:

HCO<sub>3</sub> – 0.86

Ca<sup>2+</sup> – 5.48

Cl<sup>-</sup> – 12.04

Mg<sup>2+</sup> – 3.35

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 0.28

Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> – 4.35

Склад обмінних катіонів, мг·екв/100 г ґрунту:

Ca<sup>2+</sup> – 20.0; Mg<sup>2+</sup> – 2.8; Na<sup>+</sup> – 5.8.

**Варіант 4.** Оцінити меліоративний стан чорнозему південного важко-суглинкового за даними моніторингу:

Глибина ґрунтових вод – 2,8 м;

Мінералізація ґрунтових вод – 4,5 г/дм<sup>3</sup>;

Склад водної витяжки, мг·екв/100 г ґрунту:

HCO<sub>3</sub> – 0.42

Ca<sup>2+</sup> – 0.40

Cl<sup>-</sup> – 0.78

Mg<sup>2+</sup> – 1.40

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 3.46

Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> – 2.86

Склад обмінних катіонів, мг·екв/100 г ґрунту:

Ca<sup>2+</sup> – 22.0; Mg<sup>2+</sup> – 1.0; Na<sup>+</sup> – 3.2.

**Варіант 5.** Оцінити меліоративний стан чорнозему південного важко-суглинкового за даними моніторингу:

Глибина ґрунтових вод – 2,1 м;

Мінералізація ґрунтових вод – 9 г/дм<sup>3</sup>;

Склад водної витяжки, мг·екв/100 г ґрунту:

HCO<sub>3</sub> – 0.06

Ca<sup>2+</sup> – 11.10

Cl<sup>-</sup> – 0.30

Mg<sup>2+</sup> – 4.94

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 18.6

Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> – 2.92

Склад обмінних катіонів, мг·екв/100 г ґрунту:

Ca<sup>2+</sup> – 22.8; Mg<sup>2+</sup> – 3.0; Na<sup>+</sup> – 6.13.

**Варіант 6.** Оцінити меліоративний стан чорнозему південного важко-суглинкового за даними моніторингу:

Глибина ґрунтових вод – 1,5 м;

Мінералізація ґрунтових вод – 8 г/дм<sup>3</sup>;

Склад водної витяжки, мг·екв/100 г ґрунту:

HCO<sub>3</sub> – 0.30

Ca<sup>2+</sup> – 2.8

Cl<sup>-</sup> – 17.62

Mg<sup>2+</sup> – 11.0

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 0.28

Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> – 4.40

Склад обмінних катіонів, мг·екв/100 г ґрунту:

Ca<sup>2+</sup> – 20.6; Mg<sup>2+</sup> – 0.6; Na<sup>+</sup> – 5.0.

### 3. ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ : «ОЦІНКА ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ҐРУНТІВ»

#### 3.1 Загальні теоретичні відомості

В комплексі заходів щодо раціонального використання землі велике значення має боротьба з ерозією ґрунтів. На території України в зв'язку з агрокліматичними умовами, високим рівнем розораності земель, а також збільшення площі просапних культур більш ніж у 2 рази відбулося посилення ерозійних процесів. Площа ерозійнонебезпечних земель в Україні становить близько 18 млн. га. В Одеській області 44,2 % ріллі еродовано. Тому велике значення має своєчасне виявлення ерозійної небезпеки ґрунтів.

Після визначення класу ерозійної небезпеки важливим етапом є інтерпретація здобутої інформації. Цей етап передбачає виявлення території, які знаходяться у критичному стані, розробку плану первинних заходів та програм довгострокових дій щодо захисту земель від ерозії.

Спочатку визначаються показники, які мають найбільше значення: розораність території, співвідношення ріллі до стабільних земельних угідь, еродованість ріллі, розораність земель на ухилах стрімкіше 1°.

Якщо розораність території перевищує 60 % треба передбачити радикальне скорочення площі ріллі.

Еродованість ріллі – важливий показник, але він сам по собі мало про що говорить. Необхідно визначитися з причинами еродованості орних земель. Як правило головною причиною інтенсивних ерозійних процесів є нераціональне використання земель. Тому при визначенні причин еродованості ріллі певну допомогу надає інформація про структуру посівних площ. Необґрунтовано велика частка інтенсивних культур викликає спалах ерозійних процесів.

Велике значення має при цьому наявність протиерозійних технологій вирощування тих культур, які повинні на ерозійнонебезпечних землях зберігати на поверхні максимальну кількість поживних решток, які затримують поверхневі води.

Використовуючи технологічні показники (структура посівних площ, протиерозійні технології, розміри полів та інші) з врахуванням агрометеорологічних показників виявляють причини погіршення земель, а також території, які перебувають у критичному стані.

На підставі інформації і нормативів щодо земельних ресурсів визначається клас ерозійної небезпеки, виявляються найбільш ерозійно небезпечні території, причини розвитку ерозії і формується план невідкладних заходів.

Існує нормальний, задовільний, передкризовий, кризовий і катастрофічний стан еродованості земель.

**Нормальний стан:** Інтенсивність ерозійних втрат не перевищує швидкості ґрунтоутворюючого процесу. Еродованість ґрунту істотно не впливає на їх родючість.

Використовуються загальноприйняті технології вирощування сільськогосподарських культур без додаткових протиерозійних заходів.

**Задовільний стан:** Фіксується наявністю ерозії ґрунтів, фактичні середньорічні темпи ерозійних втрат ґрунту дещо перебільшують швидкість його утворення.

Необхідні критичний аналіз використання земельних ресурсів і зниження сільськогосподарського навантаження на ландшафти (зменшення площі ріллі, мінімізація технологій, тощо).

**Передкризовий стан:** Еродованість ґрунтів обумовлює зниження родючості більш, ніж на 10%.

Необхідна розробка комплексу протиерозійних заходів на основі агроландшафтного протиерозійного упорядкування території.

**Кризовий стан:** Відбувається прискорення ерозійних процесів. Темпи ерозійних втрат ґрунту істотно перебільшують швидкість ґрунтоутворення.

Необхідне різке скорочення ріллі (не менше ніж на 40-50%), зміна спеціалізації господарства. Повсюдне суцільне заліснення середньо та сильнодеградованих і малопродуктивних земель, формування кормової бази за рахунок розширення кормових угідь.

**Катастрофічний стан:** Коефіцієнт еродованості перевищує 1,3. Родючість ґрунтів зменшується більш ніж на 30%. Ґрунти не можуть виконувати свої функції з необхідною повнотою. Це межа, за якою повернення в нормальний стан без спеціальної меліорації неможливе.

Необхідне оголошення території зоною екологічного лиха, що потребує державних заходів відповідно чинного законодавства.

#### Запитання для самоперевірки

1. Як обчислюється розораність території?
2. Які земельні угіддя відносяться до стабільних?
3. Як обчислюється площа еродованих земель?
4. За якою формулою визначається напруженість структури посівних площ?
5. Яким чином визначається клас ерозійної небезпеки ріллі?
6. Що розуміють під нормальним, задовільним, передкризовим, кризовим і катастрофічним станом еродованих земель?

### 3.2 Практична частина.

#### Виконання завдання.

Завдання виконується на прикладі конкретного господарства згідно з планом землеустрою.

1. Користуючись планом землеустрою господарства, визначається загальна площа території і площа ріллі та обчислюється розораність території у відсотках
2. Вимірюється площа стабільних земельних угідь (лісів, пасовищ, сіножатей, чагарників) і знаходиться співвідношення площі ріллі і стабільних земельних угідь.
3. Вимірюється площа еродованої ріллі і знаходиться її відсоток від загальної площі ріллі.
4. Визначається розораність земель на ухилах більше 1° у відсотках від площі ріллі.
5. Визначається напруженість структури посівних площ за формулою:

$$H_c = \frac{P_{np}}{P_{п5}} \cdot 100 \% ,де$$

$H_c$  – напруженість структури посівних площ,

$P_{np}$  – питома вага просапних культур в структурі посівних площ,

$P_{п5}$  – питома вага ріллі, розміщеної на схилах до 5°.

6. На підставі одержаних даних по таблиці 3.1 визначається клас ерозійної небезпеки ріллі.

Таблиця 3.1 – Нормативи для оцінки ерозійної небезпеки ріллі

№ п/п	Показник	Клас ерозійної небезпеки, бал				
		Відсутня	Слабка	Помітна	Сильна	Катастрофічна
1	Розораність території	<40	40-45	45-50	50-60	>60
2	Співвідношення ріллі до стабільних земельних угідь	<1	1-1,3	1,3-1,7	1,7-3	>3
3	Еродованість ріллі,%	<20	21-30	31-40	41-50	>50
4	Розораність земель на ухилах 1°,%	<20	21-30	31-40	41-50	>50
5	Клас ерозійної небезпеки	5	6-10	11-15	16-20	21-25
6	Напруженість структури посівних площ	До 50 %	50-55	55-60	67-70	>70



Вихідні дані для визначення ерозійної небезпеки території:

**Варіант 1.** Оцінити ерозійну небезпеку території господарства, якщо:

Загальна площа – 1000 га;

Площа орних земель – 600 га;

З них еродованих – 300 га, в тому числі:

на схилах крутизною понад 2° - 246 га;

Площа лісів – 70 га;

Площа сіножать – 80 га;

Площа пасовищ – 50 га.

**Варіант 2.** Оцінити ерозійну небезпеку території господарства, якщо:

Загальна площа – 2400 га;

Площа орних земель – 720 га;

З них еродованих – 130 га, в тому числі:

на схилах крутизною понад 2° - 100 га;

Площа лісів – 260 га;

Площа сіножать – 280 га;

Площа пасовищ – 300 га.

**Варіант 3.** Оцінити ерозійну небезпеку території господарства, якщо:

Загальна площа – 2000 га;

Площа орних земель – 1400 га;

З них еродованих – 1000 га, в тому числі:

на схилах крутизною понад 2° - 750 га;

Площа лісів – 50 га;

Площа сіножать – 170 га;

Площа пасовищ – 130 га.

**Варіант 4.** Оцінити ерозійну небезпеку території господарства, якщо:

Загальна площа – 1800 га;

Площа орних земель – 774 га;

З них еродованих – 232,2 га, в тому числі:

на схилах крутизною понад 2° - 193,5 га;

Площа лісів – 145 га;

Площа сіножать – 270 га;

Площа пасовищ – 230 га.

**Варіант 5.** Оцінити ерозійну небезпеку території господарства, якщо:

Загальна площа – 3000 га;

Площа орних земель – 1800 га;

З них еродованих – 900 га, в тому числі:

на схилах крутизною понад 2° - 756 га;

Площа лісів – 200 га;

Площа сіножать – 300 га;

Площа пасовищ – 400 га.

## **4 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ: «ОПТИМІЗАЦІЯ БАЗОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА»**

### **4.1 Загальні теоретичні відомості**

Сучасні агротехнології являють собою комплекси технологічних операцій з управління продукційним процесом культур в агроценозах з метою досягнення планованої врожайності та якості продукції при забезпеченні екологічної безпеки та певної економічної ефективності. Агротехнології пов'язані в єдину систему управління агроландшафтів через сівозміни, системи обробітку ґрунту, добрива та захисту рослин, тобто є складовою частиною адаптивно-ландшафтних систем землеробства

У додатку Б, табл. 1 представлені характеристики агротехнологій обробітку с.-г. культур різних рівнів.

**Екстенсивні** технології орієнтовані на використання природної родючості ґрунту без застосування добрив та інших хімічних засобів або з дуже обмеженим їх використанням.

**Нормальні** технології забезпечені мінеральними добривами та пестицидами в тому мінімумі, що дозволяє освоювати ґрунтозахисні системи землеробства, підтримувати середній рівень окультуреності ґрунтів, усувати дефіцит елементів мінерального живлення, що знаходяться в критичному мінімумі і давати задовільну якість продукції. У цих технологіях використовуються пластичні сорти зернових.

**Інтенсивні** технології розраховані на отримання запланованого врожаю високої якості в системі безперервного управління продукційним процесом культури, що забезпечує оптимальне мінеральне живлення рослин і захист від шкідливих організмів і вилягання. Інтенсивні технології припускають застосування інтенсивних сортів і створення умов для більш повної реалізації їх біологічного потенціалу. Інтенсивні технології реалізуються з використанням вітчизняної серійної техніки, сортів, добрив та імпортованих пестицидів. Приблизний внесок факторів у формування врожаю зерна при інтенсивній агротехнології показано у Додатку Б, таблиці 2.

Високоінтенсивні технології розраховані на досягнення врожайності культури, близької до її біологічного потенціалу із заданою якістю продукції за допомогою досягнень науково-технічного прогресу при мінімальних екологічних ризиках. Ці технології відносяться до категорії точного землеробства, яке передбачає гнучке управління всіма процесами з можливим просторовою роздільною здатністю в 20 м<sup>2</sup> і менше.

**Оцінка просторової однорідності земель по комплексу показників для адаптивних технологій точного землеробства.** Основою технології точного землеробства є диференційований вплив на систему «ґрунт-рослина», що забезпечує високу ефективність використання земель з урахуванням їх просторової неоднорідності, для чого використовуються методи просторового позиціонування. Це дозволяє в реальному часі здійснити принцип управління зі

зворотним зв'язком у будь-якій точці сільськогосподарського поля і тим самим більш раціонально використовувати ресурси і суттєво знизити вплив на навколишнє природне середовище.

**Інформаційне забезпечення високих технологій.** Основи методології точного землеробства пов'язані з появою географічних інформаційних систем (ГІС), глобальних супутникових систем позиціонування (ГСП) з безпосереднім введенням інформації в бортовий комп'ютер і сільськогосподарських машин із можливістю регулювання інтенсивності технологічних операцій (норм висіву, внесення добрив і засобів захисту рослин) по ходу руху трактора по робочому ділянці. При цьому вирішальну роль у цьому процесі відіграє вдосконалення інформаційного забезпечення методів прийняття рішень - моделей, методів підтримки рішень, баз даних і знань, експертних систем.

В основі точного землеробства лежить управління продуктивністю посівів, яке враховує варіацію параметрів довкілля рослин.

Розвиток інформаційних технологій йде по шляху створення експертних систем, баз даних і баз знань. Сучасне програмне керування в точному землеробстві здійснюється шляхом попереднього дослідження варіації властивостей ґрунтового покриву та складання електронної карти земельної ділянки на стаціонарному комп'ютері. Програма диференційованої по робочій ділянці технології також розробляється на базі цього комп'ютера, який використовується в режимі «offline». Розроблена програма записується на дискету і вводиться в бортовий комп'ютер, який реалізує її виконання. При застосуванні іншого способу управління «online», керована величина, наприклад, вміст азоту в рослинах, вимірюється безпосередньо в процесі руху агрегату по робочому ділянці. Поточне значення дефіциту азоту використовується безпосередньо для вироблення керуючого сигналу, командувача внесенням тієї чи іншої дози азотного добрива. Для застосування технологій точного землеробства необхідне оснащення с.-г. підприємства спеціальним обладнанням і програмним забезпеченням, зокрема потрібно:

- навігаційна система: глобальна система позиціонування (ГСП) з введенням даних в бортовий комп'ютер. Саме з появою ГСП відкрилися принципові можливості для переходу від традиційної технології до тієї, в якій можна змінювати вплив на агроєкосистеми з урахуванням варіації властивостей ґрунтового покриву на робочій ділянці;
- мобільна техніка для збирання зернових і корене-клубнеплодів з диференційним виміром величини врожаю і складанням карт варіації врожайності;
- апаратура для дослідження мінливості параметрів ґрунтово-екологічних умов у межах робочої ділянки з використанням автоматизованих засобів, що дозволяє складати електронні карти в автоматизованому режимі;
- робочі органи з комп'ютерним управлінням технологічними операціями (норма висіву, дози внесення агрохімікатів, біопрепаратів, біогумусу);

- стаціонарний комп'ютер з програмним забезпеченням, що виконує ведення картотеки робочих ділянок з використанням геоінформаційних систем (ГІС);
- аналіз варіації характеристик ґрунтового і рослинного покривів;
- формування програми та її запис на дискету;
- бортовий комп'ютер з програмним забезпеченням, що реалізує програму управління і здійснює: прийом сигналів від ГСП та інших датчиків в процесі руху агрегату по робочій ділянці;
- накопичення вимірних даних з використанням ГІС-технології;
- формування керуючих сигналів для диференційованого виконання тих чи інших технологічних операцій.

Інформаційно-керуючі системи (ІКС, IMS - Information Management) є атрибутом технологій точного землеробства. Вони включають сукупність методів, алгоритмів і програм, що забезпечують збір, накопичення і зберігання даних, їх обробку і формування програм реалізації агротехнології. У структуру ІКС входять: база атрибутивно-графічних даних, що реалізована в системі ГІС, наприклад, з використанням програмного продукту MapInfo; база знань, що здійснює прогностичні розрахунки і формує на їх основі керуючі програми; оболонка системи, що є сполучною ланкою між окремими підсистемами; інтерфейс користувача, що дозволяє здійснювати спілкування людини з комп'ютером в режимі діалогу.

У базі даних ІКС накопичується і зберігається вся інформація, що відноситься до

- ✓ конкретного господарства,
- ✓ робочих ділянок,
- ✓ оброблюваних культур і їх сортів,
- ✓ архівна та поточна метеорологічна інформація необхідна для вироблення технологічних рішень.

Дані, що відносяться до кожної робочої ділянці, формуються в системі географічних координат, що дозволяють здійснювати «прив'язку» ГСП-сигналу в процесі реалізації технології.

Центральною ланкою ІУС є база знань, що представляє собою сукупність в різній мірі формалізованих правил, процедур трансформацій й інтерпретацій, алгоритмів аналізу вихідної інформації по об'єкту. Існують два типи моделей - моделі, керовані знаннями, і моделі, керовані даними. Моделі, керовані знаннями (експертні системи), формують всі елементи агротехнології і технологію в цілому. Моделі, керовані даними (динамічні моделі), здійснюють прогностичні функції на всіх етапах формування та реалізації агротехнологій. Оболонка системи здійснює передачу управлінських чи іншої підсистеми для реалізації її функцій в реальному часі. Призначенням інтерфейсу є організація діалогу з програмним продуктом мовою користувача.

**Інформаційно-довідкова система по оптимізації землекористування.**  
Необхідність оптимізації ресурсозберігаючих технологій землеробства

обумовлена щорічно зростаючими питомими витратами на виробництво рослинницької продукції.

Автоматизований аналіз ефективності ресурсозберігаючих агротехнологій в умовах конкретного господарства можна проводити з використанням локальної інформаційно-довідкової системи по оптимізації землекористування – ЛІДСОЗ, яка включає інформаційно-розрахункові, нормативні та довідкові бази даних, інформаційно-аналітичні модулі для реалізації оціночних, прогнозних та оптимізаційних завдань. Розрахунки можуть проводитися за трьома базовими рівнями інтенсивності застосування технологій: екстенсивна, нормальна та інтенсивна. При цьому використовуються типові технологічні карти вирощування культур з диференційованими поправками на рівень технології і значення планованого врожаю в умовах конкретного господарства.

Інформаційно-довідкова система орієнтована на оптимізацію розміщення культур (сортів) і вибір (коригування) прийомів обробки ґрунтів, доз і строків внесення добрив і засобів захисту рослин. Найбільш важливими нормативно-довідковими базами даних є: характеристика робочих ділянок; вимоги культур до попередників (перед попередників), вологи, тепла і ґрунту; норми агрокліматичних параметрів; типові технології обробки культур; нормативи витрат на вирощування культур, економічного ефекту або збитку.

#### **Основні інформаційно-аналітичні модулі включають:**

- вибір культури для робочої ділянки;
- оцінку і уточнення потенційної врожайності з урахуванням мікрокліматичних умов, агротехнічних і організаційно-технологічних обмежень;
- розрахунок виносу біофільних елементів з урожаєм і коригування розрахункового врожаю і балансу NPK з урахуванням ґрунтово-агрохімічних обмежень і розрахункової рентабельності технології;
- вибір та адаптацію базової агротехнології до умов робочої ділянки, а також оперативне її коригування.

#### ***Довідкова база даних по робочій ділянці включає:***

- загальну характеристику (площа, рельєф, віддаленість від об'єктів виробничої інфраструктури);
- склад ґрунтового покриву (основні і неосновні ґрунти, ґрунтові комбінації);
- середні значення основних параметрів родючості;
- відомості по попередниках і їх врожайності;
- дані щодо застосування добрив і меліорантів за останні три роки (для розрахунку доз добрив) і 10-20 років (для книги історії робочої ділянки).

#### ***До групи ґрунтових параметрів входять:***

- кислотність,
- вміст гумусу і потужність гумусового горизонту,
- вміст доступних форм NPK.

#### **База даних по культурі включає:**

- назву культури,
- період вегетації і фази розвитку,
- калорійність,
- коефіцієнт водоспоживання,
- сума частин основної і побічної продукції,
- нормативи виносу та окупності НРК,
- коефіцієнти зниження врожайності на змитих ґрунтах,
- стандартна вологість культури.

***Загальний інформаційний модуль по господарству містить дані по:***

- економіці ,
- енергозабезпеченості,
- нормі опадів по місяцях і декадах,
- константи для визначення ФАР і радіаційного балансу.\

***Картографічне геоінформаційне забезпечення*** включає електронні карти рельєфу, ґрунтів, мікроклімату, структури землекористування та ін., В результаті синтезу яких створюються карти агроекологічних типів і видів земель. При суміщенні карт робочих ділянок з відповідними базами даних формуються тематичні картосхеми їх меліоративного поліпшення і більш раціонального використання.

***Інформаційно-довідкова система дозволяє*** послідовно вирішувати приватні задачі:

- ✓ вибір оптимальної культури по попереднику;
- ✓ розрахунок врожаю культури по приходу ФАР;
- ✓ розрахунок врожаю за вологозабезпеченості вегетаційного періоду;
- ✓ розрахунок врожаю по приходу ФАР, температури повітря та опадам;
- ✓ розрахунок врожаю, забезпеченого рентабельним застосуванням добрив;
- ✓ вибір оптимальної системи обробітку ґрунту під плановану культуру.

**Наприклад.** Процедура вирішення завдання щодо вибору оптимальної культури, виходячи з попередника, зводиться до вибору в системі послідовних меню, необхідного поля, конкретних попередників і кращій культури. Реагуючи на вибір попередника, програма надає користувачеві для інформації три списки (що розкриваються в порядку пріоритету) з найменуваннями: найбільш доцільні для вирощування культури; допустимі для вирощування; культури, неприпустимі для вирощування по попередниках.

Користувач, на основі цієї інформації, вибирає із запропонованого списку культур необхідну для аналізу культуру. Програма зчитує з бази даних інформацію про обраний робочому ділянці і культурі і видає повідомлення про можливість переходу до вирішення наступного завдання (наприклад, розрахунок потенційного врожаю по приходу ФАР і т. д.).

***Агроекологічні нормативи максимальної врожайності культур.***

Перевага інтенсивних агротехнологій показано в Сумській, Полтавській, Вінницькій, Кіровоградській, Черкаській областях (технології

використовуються на ділянках ОПХ), де врожайність озимої пшениці становить 5-7 т/га

У додатку В, табл. 1 представлені агротехнічні та еколого-економічні нормативи для отримання максимального врожаю зерна з використанням інтенсивної агротехнології при наявності сортів інтенсивного типу, агрохімічних ресурсів, інтегрованої системи захисту від шкідливих організмів на прикладі Сумської області.

#### Запитання для самоперевірки

1. Дати визначення екстенсивній, нормальній та інтенсивній агротехнології.
2. Яка інформація зберігається у базі даних інформаційно-керуючої системи ІКС?
3. Перелічить основну інформацію що вноситься до бази даних.
4. Яка інформація вноситься до бази даних по робочій ділянці?
5. Які характеристики належать до групи ґрунтових параметрів?
6. Які дані по культурі включені в базу даних ІКС?
7. Які задачі дозволяє виконувати інформаційно-довідкова система?

#### 4.2 Практична частина

Кожен студент одержує індивідуальне завдання, проводить необхідні розрахунки для оптимізації агроекологічних показників з ціллю одержання максимальних урожаїв зернових.

##### **Приклад розрахунку.**

Потрібно встановити фактичні агроекологічні показники і порівняти їх з нормативами для досягнення максимальних врожаїв зернових.

##### **Розв'язання.**

1. Зробіть аналіз Додаток Б, табл. 3 і визначте, які показники у графі 4 вимагають уточнення в залежності від природно-сільськогосподарського району.
2. Використовуючи інформацію, наведену в графах 2 і 4, встановіть для сільськогосподарського підприємства (СГВК, ОПХ, фермерського господарства) величини фактичних показників по кожній культурі та впишіть у графу 5.
3. На основі порівняння даних графі 4 і 5 визначте, які фактичні показники перевищують стандарти; дорівнюють стандартам; менше стандартів.
4. Для кожного показника, який менше стандартів, вкажіть на наявні та перспективні резерви в господарстві з доведення їх до рівня стандартних.

Вихідні дані для оптимізації агроекологічних показників з ціллю одержання максимальних урожаїв зернових.

**Варіант 1.** Порівняти фактичні агроекологічні показники для зернових у фермерському господарстві, що розміщено на півночі Одеської області з нормативами для досягнення максимального урожаю.

Ранг фактору	Показники	Одиниця вимірювання	Стандарт	Факт
1	2	3	4	5
1	Землеробство			
	Мінеральні добрива	кг/га		150
	Органічні добрива	т/га		5
2	Ґрунтові ресурси			
	Бонітет ріллі	бал		77
3	Кліматичні ресурси			
	Гідротермічний коефіцієнт вегетаційного періоду	від. од.		1,0

**Варіант 2.** Порівняти фактичні агроекологічні показники для зернових у фермерському господарстві, що розміщено в степовій зоні північної підзони Одеської області з нормативами для досягнення максимального урожаю.

Ранг фактору	Показники	Одиниця вимірювання	Стандарт	Факт
1	2	3	4	5
1	Землеробство			
	Мінеральні добрива	кг/га		250
	Органічні добрива	т/га		5
2	Ґрунтові ресурси			
	Бонітет ріллі	бал		65
3	Кліматичні ресурси			
	Гідротермічний коефіцієнт вегетаційного періоду	від. од.		0,7



**Варіант 3.** Порівняти фактичні агроекологічні показники для зернових у фермерському господарстві, що розміщено в степовій зоні південній підзоні Одеської області з нормативами для досягнення максимального урожаю.

Ранг фактору	Показники	Одиниця вимірювання	Стандарт	Факт
1	2	3	4	5
1	Землеробство			
	Мінеральні добрива	кг/га		250
	Органічні добрива	т/га		10
2	Ґрунтові ресурси			
	Бонітет ріллі	бал		55
3	Кліматичні ресурси			
	Гідротермічний коефіцієнт вегетаційного періоду	від. од.		0,5

**Варіант 4.** Порівняти фактичні агроекологічні показники для зернових у фермерському господарстві, що розміщено в Херсонській області з нормативами для досягнення максимального урожаю.

Ранг фактору	Показники	Одиниця вимірювання	Стандарт	Факт
1	2	3	4	5
1	Землеробство			
	Мінеральні добрива	кг/га		300
	Органічні добрива	т/га		10
2	Ґрунтові ресурси			
	Бонітет ріллі	бал		51
3	Кліматичні ресурси			
	Гідротермічний коефіцієнт вегетаційного періоду	від. од.		0,3

## 5 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ «ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ АГРОЛАНДШАФТІВ»

### 5.1 Загальні теоретичні відомості.

Сучасна господарська діяльність людини супроводжується знищенням природної рослинності і заміною її сільськогосподарськими культурами, інтенсивною обробкою ґрунту, застосуванням добрив, меліорантів, хімічних засобів захисту, зрошення, осушення, що призводить до порушення функціонування ландшафтів. Ґрунти в результаті тривалого використання в ріллі зазнають негативні зміни: погіршується структура орного шару, знижується вміст гумусу і елементів живлення, відбувається декальцинація, що знижує родючість ґрунту.

Стійкість агроландшафту – це здатність підтримувати задані продуктивні і соціальні функції, зберігаючи біосферні (Кирюшин В. І., 1996). Екологічна стійкість агроландшафтів реалізується режимами органічної речовини, біогенних елементів, реакції середовища, окислювально-відновних умов, структурного стану і складання ґрунту, повітря, вологи, тепла, біогенності, біологічної активності ґрунту, фітосанітарного стану агроценозів. Залежно від об'єктів і механізмів дії екологічна стійкість підрозділяється на:

- фізичну (стійкість літосфери, протиерозійна стійкість);
- біологічну (відновлювальні та захисні функції рослинності, стійкість проти шкідливих організмів);
- геохімічну (здатність до самоочищення від забруднюючих речовин та зниженню їх токсичності, буферність, протедія засоленню);
- гідрогеологічну і гідрологічну (протистояння остепненню, опустелюванню, заболочуванню);
- агрономічну (стійкість урожайності с.-г.культур, продуктивності пасовищ, якості продукції);
- економічну (стійкість економічних параметрів).

На відміну від природних екосистем, які орієнтовані на виживання за допомогою природних механізмів, агроекосистеми орієнтовані на врожайність і якість продукції в режимі, заданому людиною. Екологічна стійкість перших незрівнянно вище, ніж друге. Це визначає особливий інтерес до механізмів природної стійкості, їх використання при формуванні агроландшафтів. В основі цих механізмів лежить біологічний круговорот речовин при великому видовому розмаїтті і високій чисельності організмів, що є головним чинником забезпечення стійкості. У більшості агроценозів біологічна продуктивність менше, ніж в природних ценозах, особливо великі відмінності за загальними запасами фітомаси. Поповнення запасів органічної речовини, підвищення біогенності ґрунтів - загальні умови підвищення стійкості агроландшафтів.

Екологічна стійкість агроландшафтів може бути збільшена за рахунок оптимальної структури землекористування; відновлення і збереження

місцевого генетичного фонду живої природи і природних ценозів; збереження поверхневих і підземних водних ресурсів на основі раціонального регулювання і використання місцевого та транзитного стоку; збільшення мережі особливо охоронюваних природних територій (заповідників, національних парків, заказників, пам'ятників природи).

Ступінь екологічної стійкості ландшафту можна оцінити коефіцієнтами екологічної стабілізації  **$E_c$** , які згідно Рибарські і Е. Гайсе, інтегрують деякі абіотичні і біотичні фактори. Коефіцієнт екологічної стабілізації абіотичних факторів  **$E_{ca}$**  характеризується співвідношенням суми площ елементів ландшафту, позитивно ( $F_{ст}$ ) і негативно ( $F_{нст}$ ) впливають на навколишнє середовище,

$$E_{ca} = \frac{\sum F_{ст}}{\sum F_{нст}} \quad (3.1)$$

а коефіцієнт стабілізації біотичних факторів  **$E_{cb}$**  є відношення суми приватних площ біотичних елементів з урахуванням їх екологічної та геолого-морфологічної значимості до всієї площі ландшафту  $F$ :

$$E_{cb} = \frac{\sum (f_i * \delta_e * \delta_{гм})}{F} \quad (3.2)$$

У формулах (3.1) і (3.2)  $F_{ст}$  - ліси + зелені насадження + природні луки + заповідники + заказники + орні землі, зайняті багаторічними травами: люцерною, конюшиною, травосуміші;  $F_{нст}$  - щорічно оброблювана рілля + землі з нестійким трав'яним покривом + схиліві землі + забудови + дороги + заростаючи або замулені водойми + порушені землі (кар'єри видобутку корисних копалин);  $f_i$  - площа  $i$ -го біотичного елементу;  $\delta_e$  - коефіцієнт екологічної значимості окремих біотичних елементів:  $\delta_e = 0$  (забудовані території),  $\delta_e = 0,14$  (рілля),  $\delta_e = 0,29$  (виноградники),  $\delta_e = 0,38$  (хвойні ліси),  $\delta_e = 0,43$  (сади, лісові культури, лісові смуги),  $\delta_e = 0,5$  (городини),  $\delta_e = 0,62$  (луки),  $\delta_e = 0,63$  (хвойно-широколисті ліси),  $\delta_e = 0,68$  (пасовища),  $\delta_e = 0,79$  (водойми і водотоки),  $\delta_e = 1$  (листяні ліси);  $\delta_{гм}$  - коефіцієнт геолого-морфологічної стійкості рельєфу:  $\delta_{гм} = 1$  - стабільний,  $\delta_{гм} = 0,7$  - нестабільний (рельєф пісків, схилів, зсувів).

Оцінка стійкості ландшафту проводиться за коефіцієнтами  $E_{ca}$  і  $E_{cb}$  відповідно даних табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Критерії стійкості агроландшафтів за абіотичними і біотичними факторами

Еса	Характеристика ландшафту за абіотичними факторами	Есб	Характеристика ландшафту за біотичними факторами
<0,5	Нестабільність добре виражена	<0,33	Нестабільний
0,51-1	Стан нестабільний	0,34-0,5	Малостабільний
1,01-3	Стан умовно стабільний	0,51-0,66	Середньостабільний
4,51 и более	Стабільність добре виражена	>0,66	Стабільний

## 5.2 Практична частина.

### 5.2.1 Приклад визначення екологічної стійкості ландшафту.

Потрібно встановити екологічну стійкість ландшафту в фермерському господарстві.

#### Вихідні дані:

Площі угідь: рілля - 495 га (рілля на схилі крутизною 3 °, ґрунт – чорнозем сильновилужений, важкосуглинковий), ліс і лісові насадження – 3 га (в тому числі ліс хвойний – 1,9 га, лісові смуги– 1,1 га), сад – 0,1 га, цілина де не косять, де косять і де випасають худобу, схил крутизною 3-4 ° – 116 га (в тому числі луки - 26 га, пасовища - 90 га), водоймище (ставок) – замулений – 1,05 га, площа забудови - 0,25 га, площа доріг - 0,065 га.

**Методика виконання розрахунків.** Ступінь антропогенного впливу на земельні ресурси може визначатися за допомогою 5-бальної шкали (Кочуров Б. І., 2003) - див. табл. 5.2.

Еколого-господарський стан земель характеризується коефіцієнтом відносної напруженості Кн:

$$K_n = \frac{F_{1-2}}{F_{4-5}}, \quad (3.3)$$

де  $F_{1-2}$  – площі земель з балом 1 і 2 (га);  $F_{4-5}$  - площі земель в 4 і 5 балів (га). Якщо  $K_n > 1$ , то територія збалансована за ступенем антропогенного впливу на земельний фонд і природної захищеності. При  $K_n < 1$  територія є екологічно небезпечною, тому що значна розораність і землі промисловості служать дестабілізуючим фактором в екосистемі. В цьому випадку слід вживати заходів щодо скорочення площ цих земель, тобто розробляти принципи оптимізації структури угідь в ландшафті.

Таблиця 5.2 – Характеристика ступеню антропогенного впливу на земельніресурси

Ступень впливу	Оцінка, в балах	Група земель
Вища	5	Землі промисловості і інфраструктури
Значна	4	Рілля, багаторічні насадження
Середня	3	Культурні і поліпшені кормові угіддя
Незначна	2	Природні кормові угіддя
Нижча	1	Землі природних урочищ

Сумарна площа земель екологічного фонду ( $P_{ef}$ ), з урахуванням антропогенного впливу на окремі категорії земель, визначається за формулою

$$F_{ef} = 0,6F_3 + 0,8F_2 + F_1, \quad (3.4)$$

де  $F_1, F_2, F_3$  - площі земель з різним антропогенним впливом (га).

Коефіцієнт екологічної захищеності  $K_{ez}$  розраховується за виразом

$$K_{ez} = F_{ef} / F, \quad (3.5)$$

де  $F$  - загальна площа території (га).

## Рішення.

1. Знаходимо відповідно до формули (3.1) площі стабільних елементів ландшафту:  $\Sigma F_{ст} = 1,9 + 1,1 + 0,1 + 26 + 90 = 119,1$  га і нестабільних:  $\Sigma F_{нст} = 495 + 1,05 + 0,25 + 0,065 = 496,365$  га. Отже,  $E_{са} = 0,24$ . Так як  $E_{са} < 0,5$ , то за абіотичним показником **нестабільність** агроландшафту фермерського господарства **добре виражена** (табл. 3.1).

2. Визначаємо за формулою (3.2) ступінь стійкості агроландшафту по біотичних параметрах:  
 $[(1,9 \cdot 0,7 \cdot 0,38) + (1,1 \cdot 0,43 \cdot 0,7) + (0,1 \cdot 0,43 \cdot 0,7) + (26 \cdot 0,7 \cdot 0,62) + (90 \cdot 0,7 \cdot 0,68) + (1,05 \cdot 0,7 \cdot 0,79) + (495 \cdot 0,14 \cdot 0,7) + (0,25 \cdot 0,7 \cdot 0) + (0,065 \cdot 0,7 \cdot 0)] / 615,465$ .  $E_{сб} = 0,17$ , тобто  $E_{сб} < 0,33$  (табл. 3.1).

## Висновок.

Отже, по біотичних факторах агроландшафт господарства нестабільний.

### 5.2.2 Приклад визначення ступеню антропогенного впливу на земельні ресурси.

Потрібно визначити коефіцієнти відносної напруженості і екологічної захищеності території і встановити ступінь антропогенного впливу на земельні ресурси.

**Вихідні дані** у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Структура земельного фонду

№п/п	Категорія земель	Площа, тис. га	У% до загальної площі
1	Рілля	1943,4	64,8
2	Багаторічні насадження	27,1	0,9
3	Сінокоси та пасовища	467,6	15,6
4	Лісові землі	249	8,3
5	Болота	32,2	1,1
6	Землі під водою	37,2	1,2
7	Дороги	72,5	2,4
8	Порушені землі	10,9	0,4
9	Землі меліоративного будівництва та відновлення родючості	4,1	0,1
10	Залеж	1,4	—
11	Дерново-чагарникова рослинність	67,9	2,3
12	Забудова	55	1,8
13	Інші землі	31,4	1,1

## Методика виконання розрахунків.

В якості критерію оцінки впливу сільськогосподарської діяльності на агроєкосистеми використовується показник екологічності землеробства -  $K_{ез}$  (Житин Ю. І. та ін., 2002):

$$K_{ез} = \sum_{i=1}^n \frac{(Y * K_r + M_o * K_{гн}) * f_d * p_k}{M_{мг} + M_{ег} + M_{гy}}, \quad (3.6)$$

де  $Y$  – врожай культур і їх кількість (га),  $K_r$  – коефіцієнт гуміфікації рослинних рештків,  $M_o$  – маса внесених органічних добрив,  $K_{гн}$  – коефіцієнт гуміфікації органічних добрив,  $f_d$  – частки площі конкретних культур в сівозміні,  $p_k$  – коефіцієнт повторюваності культур за ротацію сівозміни,  $M_{мг}$  – маса мінералізації гумусу і кількість пожнивних рештків,  $M_{ег}$  – маса втрат гумусових речовин в результаті ерозії ґрунтів,  $M_{гy}$  – маса витрати гумусу на формування урожаю.

### Рішення.

Об'єднуємо категорії земель на підставі табл. 3.3 в групи, відображені в табл. 3.2, і присвоюємо їм бали: 1 - лісові землі, болота, землі під водою, деревно-чагарникова рослинність; 2 - сінокоси і пасовища; 3 - залеж, інші землі; 4 - рілля, багаторічні насадження, землі меліоративного будівництва; 5 - дороги, порушені землі, забудова.

1. Знаходимо площі земель з балами оцінок антропогенного навантаження 1 і 2, а також 4-5 і значення коефіцієнта напруженості по співвідношенню (3.3):  $F_{1_2} = 853,9$  тис. га;  $F_{4_5} = 2113$  тис. га;  $K_n = 0,4$ .
2. Визначаємо площі земель екологічного фонду за формулою (3.4):  $F_{еф} = 780,1$  тис. га і коефіцієнт екологічної захищеності по відношенню (3.5):  $K_{ез} = 0,26$ .
3. Так як  $K_n = 0,4$ , тобто менше 1, то територія є екологічно небезпечною, головним чином, внаслідок значної (64,8%) розораності. Перспективи досягнення збалансованості за ступенем антропогенного впливу і природної захищеності бачаться в скороченні площі орних земель.

**Висновок.** У формулі (5.6) значення показника  $K_{ез} = 0,3-0,4$  відповідає недостатньої екологічності системи землеробства і нестійкості агроландшафту.

Вихідні дані для визначення екологічної стійкості ландшафту та ступеню антропогенного впливу на земельні ресурси.

**Варіант 1.** Визначити екологічну стійкість ландшафту і ступінь антропогенного впливу на земельні ресурси.

#### Структура земельного фонду

№п/п	Категорія земель	Площа, тис. га	У% до загальної площі
1	Рілля	2047,5	
2	Багаторічні насадження	30,8	
3	Сінокоси та пасовища	554,5	
4	Лісові землі	303	
5	Болота	40,2	
6	Землі під водою	45,3	
7	Дороги	83,6	
8	Порушені землі	15,3	
9	Землі меліоративного будівництва та відновлення родючості	5,3	
10	Залеж	2,1	
11	Дерново-чагарникова рослинність	89,7	
12	Забудова	65	
13	Інші землі	35,7	

Примітка: підрахувати % до загальної площі

**Варіант 2.** Визначити екологічну стійкість ландшафту і ступінь антропогенного впливу на земельні ресурси.

#### Структура земельного фонду

№п/п	Категорія земель	Площа, тис. га	У% до загальної площі
1	Рілля	1735,6	
2	Багаторічні насадження	25,3	
3	Сінокоси та пасовища	402,1	
4	Лісові землі	198	
5	Болота	28,8	
6	Землі під водою	30,8	
7	Дороги	65,9	
8	Порушені землі	8,8	
9	Землі меліоративного будівництва та відновлення родючості	3,8	
10	Залеж	0,9	
11	Дерново-чагарникова рослинність	55,8	
12	Забудова	45	
13	Інші землі	29,3	

Примітка: підрахувати % до загальної площі



**Варіант 3.** Визначити екологічну стійкість ландшафту і ступінь антропогенного впливу на земельні ресурси.

#### Структура земельного фонду

№п/п	Категорія земель	Площа, тис. га	У% до загальної площі
1	Рілля	2255,7	
2	Багаторічні насадження	40,2	
3	Сінокоси та пасовища	608,2	
4	Лісові землі	353	
5	Болота	45,5	
6	Землі під водою	51,4	
7	Дороги	88,5	
8	Порушені землі	17,6	
9	Землі меліоративного будівництва та відновлення родючості	6,1	
10	Залеж	1,9	
11	Дерново-чагарникова рослинність	91,8	
12	Забудова	75	
13	Інші землі	40,1	

Примітка: підрахувати % до загальної площі

**Варіант 4.** Визначити екологічну стійкість ландшафту і ступінь антропогенного впливу на земельні ресурси.

#### Структура земельного фонду

№п/п	Категорія земель	Площа, тис. га	У% до загальної площі
1	Рілля	1880,3	
2	Багаторічні насадження	20,5	
3	Сінокоси та пасовища	355,2	
4	Лісові землі	200,5	
5	Болота	25,7	
6	Землі під водою	26,4	
7	Дороги	63,1	
8	Порушені землі	6,7	
9	Землі меліоративного будівництва та відновлення родючості	3,3	
10	Залеж	0,7	
11	Дерново-чагарникова рослинність	50,6	
12	Забудова	35	
13	Інші землі	25,5	

Примітка: підрахувати % до загальної площі

## 6 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ: «ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ»

### 6.1 Загальні теоретичні основи методів розрахунку

Для розуміння процесу переміщення корисних і шкідливих для рослини речовин в її організмі, розберемося в питанні формування продуктивності.

**Продукційний процес рослин** – це сукупність окремих взаємопов'язаних процесів, з яких фундаментальними є **фотосинтез, дихання і ріст**, в ході яких відбувається формування урожаю (рис. 4.1). Продукційний процес рослин залежить від умов зовнішнього середовища і сам перетворює довкілля, в основному через архітектуру, газообмін та транспірацію фітоценозу.

**I. Фотосинтез.** Рослини, поглинаючи листям з атмосфери  $\text{CO}_2$  і кореневою системою воду з ґрунту, створюють в процесі **фотосинтезу** під впливом енергії сонячної радіації органічну речовину у вигляді **асимілятів**. Одночасно відбувається **транспірація**, яка відповідає за забезпечення рослин водою і елементами мінерального живлення і за регуляцію теплового режиму рослин. У залежності від інтенсивності **ФАР**, водного і температурного режиму, швидкості вітру, концентрації  $\text{CO}_2$  в повітрі, родючості ґрунту і видових особливостей рослин процес фотосинтезу може йти з більшою або меншою швидкістю.

**II.** Другий фундаментальний процес – **дихання** – забезпечує постачання енергією різних біохімічних процесів синтезу, пов'язаних із ростом, побудовою нових структурних елементів рослин і з транспортом речовин, а також підтримкою життєдіяльних структур органів рослин. При цьому затрачуються органічні речовини, накопичені в органах рослин.

**III.** Третій фундаментальний процес – **ріст**. Фотосинтез і ріст розглядаються як взаємопов'язані процеси. Енергетичне забезпечення ростової функції з боку фотосинтезу є неодмінною умовою росту. Система донорно-акцепторних відносин є основним виявленням інтеграції фотосинтезу і росту на рівні цілого організму. Між донором і акцептором формуються тимчасові проміжні фонди асимілятів. Фонди можуть знаходитися в кожному органі, але більш мобільні з них, ймовірно, знаходяться в листках і стеблах. Запасні асиміляти, на більш тривалий період, переважно накопичуються в коріннях. В умовах екологічного стресу, коли пригнічується фотосинтез, величина фондів стає істотним чинником формування урожаю.

Найвища продуктивність посівів сільськогосподарських культур може бути досягнута при наступних умовах (за Х.Г. Тоомінгом):

- формується оптимальний за розмірами і по тривалості роботи фотосинтетичний апарат;
- досягається найкраща за інтенсивністю і за якісною спрямованістю його робота в різних фазах росту та розвитку рослин;
- забезпечується найкраще використання продуктів фотосинтезу з найменшими їх витратами на процеси загального метаболізму і росту;
- хід цих процесів підтримується оптимальним співвідношенням чинників середовища: світла, тепла, вологи, вуглекислого газу і елементів мінерального живлення.

**Сучасний метод, що дозволяє оцінювати продуктивність сільськогосподарських рослин, є метод математичного моделювання.**

Передумовою для створення математичних моделей продукційного процесу рослин є знання закономірностей залежності вищеназваних фундаментальних процесів від чинників зовнішнього середовища і від внутрішніх біологічних, видових та адаптивних особливостей рослин у взаємозв'язку і в динаміці онтогенезу.

В даній роботі розглядаються рівняння, що описують вище перелічені процеси. Розрахунки будуть проводитися на прикладі соняшника (*Helianthus L.*)

Сумарний фотосинтез посіву на одиницю площі посіву за світлий час доби визначається за формулою

$$\Phi^j = \varepsilon \Phi_\tau^j L^j \tau_d^j, \quad (6.1)$$

де  $\Phi^j$  – сумарний фотосинтез посіву, г /м<sup>2</sup> доб ;  $\varepsilon$  - коефіцієнт для перерахунку в одиниці сухої маси, г/ мгСО<sub>2</sub>;  $\Phi_\tau^j$  - інтенсивність фотосинтезу одиниці площі листа в реальних умовах середі , мгСО<sub>2</sub> дм<sup>-2</sup>, яка знаходиться з виразу

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\phi^j \Phi_o^j \frac{E^j}{E_o^j} \psi_\phi^j, \quad (6.2)$$

де  $\alpha_\phi$  – онтогенетична крива фотосинтезу;  $\psi_\phi$  - температурна крива фотосинтезу;  $\frac{E^j}{E_o^j}$  - вологозабезпеченість, %;  $\Phi_o$  - інтенсивність фотосинтезу

при оптимальних умовах тепло- та вологозабезпеченості та реальних умовах освітленості,  $\text{мгСО}_2/\text{дм}^2\cdot\text{г}$ .

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою

$$\Phi_o^j = \frac{\Phi_{\max} a_{\phi} I^j}{\Phi_{\max} + a_{\phi} I^j}, \quad (6.3)$$

де  $\Phi_{\max}$  - інтенсивність фотосинтезу листя при світловому насиченні та нормальній концентрації  $\text{СО}_2$  в атмосфері,  $\text{мгСО}_2/\text{дм}^2\cdot\text{г}$ ;  $a_{\phi}$  – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,  $\text{мгСО}_2/\text{дм}^2\cdot\text{г}/(\text{Вт})$ .

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту  $\text{СО}_2$  в атмосфері розглядають величину  $\Phi_{\max}$  як функцію концентрації  $\text{СО}_2$ .

$$\Phi_{\max} = \tau_c \cdot C_o, \quad (6.4)$$

де  $\tau_c$  – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;  $C_o$  – концентрація  $\text{СО}_2$  в атмосфері.

Витрати на дихання поділяються на дихання, пов'язане з підтриманням структури тканин і на дихання, пов'язане із зростанням

$$R^j = \alpha_R^j (C_1 M^j \varphi_R^j + C_2 \Phi^j), \quad (6.5)$$

де  $R$  - інтенсивність дихання,  $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{доб}$ ;  $C_1$  - коефіцієнт дихання підтримання,  $\text{г}/\text{г}\cdot\text{доб}$ ;  $C_2$  - коефіцієнт, що характеризує витрати, які пов'язані з ростом, безрозмірний;  $\alpha_R$  - онтогенетична крива дихання.

Приріст біомаси посіву визначається остатком між сумарним фотосинтезом посіву та витратами на дихання:

$$\Delta M^j = \phi^g - R^j \quad (6.6)$$

Ріст окремих органів рослин протягом вегетаційного періоду описується системою рівнянь

$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \frac{\Delta M}{\Delta t} - \vartheta_i^j m_i^j) n^j \\ m_p^{j+1} = m_p^j + (\beta_p^j \frac{\Delta M}{\Delta t} + \sum_i^{lsr} \vartheta_i^j m_i^j) n^j \end{cases}, \quad (6.7)$$

де  $m_i$  - суха біомаса  $i$ -го органу рослин,  $г/м^2$ ;  $\beta_i$  - ростова функція вегетаційного періоду, що характеризує розподіл «свіжих» асимілятів, безрозмірна ( $\beta_i \geq 0, \sum \beta_i = 0$ );  $\vartheta_i$  - ростова функція репродукційного періоду, що визначає перетікання «старих», раніше запасених асимілятів при старінні рослини з вегетативних органів у репродуктивні, безрозмірна;  $l$  - листя,  $s$  - стеблини,  $r$  - коріння,  $p$  - насіння.

Динаміка площі асимілюючої поверхні визначається з рівнянь:

$$L^{j+1} = L^j + \left( \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \frac{1}{k_h} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} < 0, \quad (6.8)$$

$$L^{j+1} = L^j + \left( \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \frac{1}{k_h} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} < 0, \quad (6.9)$$

де  $\sigma_l$  - питома поверхнева площа листя,  $г/м^2$ ;  $k_h$  - параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур в загальній біомасі листя, безрозмірний.

Поглинання посівом фотосинтетичної активної радіації розраховується за формулою

$$I^j = \frac{I_0^j}{1 + C * LAI} \quad (6.10)$$

$I_0^j$  - поглинання сонячної радіації,  $кал/(см^2/хв.)$ ;  $C = 0,5$  – емпірична постійна величина;  $LAI$  – площа листя,  $м^2/м^2$ .

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою:

$$I_0^j = \frac{0.5Q^j}{60\tau_g}, \quad (6.11)$$

де  $Q$  – сумарна сонячна радіація, кал/(см/добу).

Сумарна сонячна радіація розраховується за формулою Сівкова:

$$Q^j = 12.66(S^j)^{1.31} + 315(\sinh_0^j)^{2.1} \quad (6.12)$$

де  $S$  – тривалість сонячного сьйва , год.;  $h_0$  – полуденна висота Сонця.

Функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу та звана «температурна крива фотосинтезу» визначається як

$$\Psi_\phi = \begin{cases} 13.7 \sin(0.0774x_2 \dots npi \dots t < t_{opt1}^\phi \\ 1 \dots npi \dots t_{opt1}^\phi < t_n < t_{opt2}^\phi \\ 1.1323 \cos(1.5705x_3) - 0.1323 \dots npi \dots t > t_{opt2}^\phi \end{cases} \quad (6.13)$$

де  $\Psi_\phi$  - температурна крива фотосинтезу;  $t_n$  – температура повітря,  $C^0$  ;

$t_0^\phi$  – початкова межа оптимальної температури;  $t_{opt1}^\phi$  – верхня межа

оптимальної температури;  $t_{opt2}^\phi$  – нижня межа оптимальної температури;

$t_{max}^\phi$  - максимальна температура процесу фотосинтезу.

Зміни запасів вологи в ґрунті  $W$  по декадах визначається за рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + Q^j + X^j + V_w^j - E^j - U_w^j \quad (6.14)$$

де  $Q$  – сума опадів за декаду, мм;  $X$  – норма вегетаційного поливу, мм;

$V_w$  - витрати ґрунтових вод в зону аерації, мм;  $E$  – сумарне випаровування, мм;  $U_w$  - інфільтрація атмосферних опадів, мм;

Випарність визначається за допомогою середнього за декаду дефіциту вологості повітря  $d_w$

$$E_0^j = 0.65d_w^j n^j \quad (6.15)$$

де  $n$  – число днів у розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою:

$$E^j = \frac{2W^j + Q^j + X^j + V_w^j}{1 + 2(W_{H.B.} - W_{B.3}) / \eta E^j}, \quad (6.16)$$

де  $W_{н.в.}$  - найменша вологоємність, мм;  $W_{в.з.}$  - волога в'янення, мм;  
 $\eta$  – безрозмірний параметр, що залежить від виду та фази розвитку рослин.

## 6.2 Підготовка початкової інформації для виконання розрахунків

Для виконання розрахунків по моделі середня по області агрокліматична інформація, яка має три групи:

1. Опис області (станції);
2. Середня багаторічна агрокліматична інформація;
3. Параметри моделі.

**Опис області (станції).** До складу цієї групи входять:

$\varphi$  – географічна широта центра області (станції), подається в градусах з десятими;

$W_{нв}$  – найменша польова вологоємність у 0-100 см шарі ґрунту.

**Середня багаторічна агрометеорологічна інформація.** В склад даної групи входить:

- $W(0)$  – запаси продуктивної вологи у 0-100 см шарі ґрунту на початок розрахунків;
- Фенологічні дані – дати настання фаз розвитку: сходи, досягання;
- $n$  – кількість розрахункових декад від сходів до досягання;
- $np$  – кількість днів в кожній розрахунковій декаді;
- $n_0$  – кількість днів від 1 –го січня;
- $N1$  – дата сходів – дата місяця, коли настала фаза;
- $N2$  – місяць сходів: 3 – март, 4 – апрель, 5 – май.

**Метеорологічні дані за кожну декаду протягом вегетаційного періоду:**

$os$  – сума опадів за декаду, мм;

$dww$  – середній за декаду дефіцит вологи повітря, мб;

$ts$  – середня за декаду температура повітря, °С;

$ss$  – середня за декаду сонячна радіація,  $Wt/m^2$ .

**Параметри та змінні моделі  $inf(1...29)$ .** До складу даної групи входять такі характеристики:

$inf(1)$   $m_l$  – початкові значення росту листя, ;

$inf(2)$   $m_s$  - початкові значення росту стебел;

$inf(3)$   $m_r$  - початкові значення росту кореня;

$inf(4)$   $m_p$  - початкові значення росту насіння;

- inf(5)  $l$  – початкові значення площі листя;
- inf(6)  $\sum t$  – сума ефективних температур за період сходи - дозрівання
- inf(7)  $W_{HB}$  – найменша вологоємність у шарі ґрунту 0-100 см
- inf(8)  $\sum t \alpha_{\phi}$  – сума температур онтогенетичної кривої фотосинтезу;
- inf(9)  $\sum t_{\alpha R}$  – сума температур онтогенетичної кривої дихання;
- inf(10)  $\sum t$  – сума ефективних температур росту листя;
- inf(11)  $\sum t$  – сума ефективних температур росту стебел;
- inf(12)  $\sum t$  – сума ефективних температур росту кореня;
- inf(13)  $\sum t$  – сума ефективних температур росту корзинки;
- inf(14)  $\sum t$  – сума ефективних температур початку росту корзинки;
- inf(15) -  $\alpha_{\phi}$  – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу;
- inf(16) -  $\alpha_R$  – початок онтогенетичної кривої дихання;
- inf(17) -  $C_{o1}$  – очікувана концентрація  $CO_2$  в атмосфері;
- inf(18) -  $C_{o2}$  – поточна концентрація  $CO_2$  в атмосфері;
- inf(19) - дорівнює 2
- inf(20) - УПП – питома поверхнева щільність листя;
- inf(21) -  $C_L$  – частка листя в загальній масі рослини;
- inf(22) -  $C_S$  – частка стебел в загальній масі рослини;
- inf(23) -  $C_R$  – частка коріння в загальній масі рослини;
- inf(24) -  $C_p$  – частка насіння в загальній масі рослини;
- inf(25) -  $R(\Phi_{max})$  - плато світлової кривої фотосинтезу;
- inf(26) -  $b(a_{\phi})$  - початковий нахил світлової кривої фотосинтезу;
- inf(27) -  $B$  – температура початку росту та розвитку (біологічний нуль) культури;
- inf(28) –  $t_{opt}$  – оптимальна для фотосинтезу температура повітря;
- inf(29) - запаси продуктивної вологи в 0-100 см шарі ґрунту на початок розрахунків.

### 6.3 Вихідна інформація – результати розрахунків

Інформація, що виводиться міститься у файлі «ModPodSSm7N2. res». Результати розрахунків видаються у вигляді таблиць (Додаток Б) в певному порядку. Спочатку видається початкова інформація для розрахунків, потім послідовно за кожну декаду розрахункового періоду виводиться три розрахункових таблиці (Додаток В):

Таблиця Б.1 містить інформацію про:

- суху масу листя (ml), г/м<sup>2</sup>;
- суху масу стелин (ms), г/м<sup>2</sup>;



- суху масу коріння ( $m_r$ ), г/м<sup>2</sup>;
- суху масу кошика ( $m_p$ ), г/м<sup>2</sup>;
- суху масу цілої рослини ( $m$ ), г/м<sup>2</sup>;
- урожай при 14% вологості ( $m_g$ ), ц/га.

Таблиця Б.2 містить інформацію про:

- відносну площу листя (LL), м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;
- сумарну сонячну радіацію за добу ( $q$ ), кал/см<sup>2</sup>;
- приріст сухої маси за декаду (DM), г/м<sup>2</sup>;
- сума ефективних температур ( $ts_2$ ), °С;
- інтенсивність фотосинтезу в польових умовах ( $fl$ ), мгСО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год.;
- функція впливу температури на фотосинтез ( $ksifl$ ), від. од.;
- функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез ( $gamf$ ), від. од.

Таблиця Б.3 містить інформацію про:

- сума опадів за декаду ( $O_s$ ), мм;
- сумарна випарність за декаду за Харченко ( $E_{akt}$ ), мм;
- випаровуваність за декаду за Алпатієвим ( $e_{pot}$ ), мм;
- випаровуваність за декаду за Харченко ( $e_{xr}$ ), мм;
- інтенсивність сумарної сонячної радіації середня добова за декаду ( $rad$ ), Вт/м<sup>2</sup>;
- інтенсивність сумарної сонячної радіації середня добова за декаду ( $rad$ ), кал/см<sup>2</sup>хв.

### Запитання для самоперевірки

1. Перелічити вихідні дані, що потрібні для розрахунку за моделлю.
2. Як виконуються розрахунки? Охарактеризувати кожний етап.
3. Які параметри і змінні належать до масиву «inf»?
4. Методика розрахунку кількості днів вегетаційного періоду.
5. За якою формулою розраховується приріст сухої фітомаси?
6. Як розраховується величина чистої продуктивності фотосинтезу агроценозу?
7. Охарактеризуйте рівняння, що описують ріст окремих органів рослин протягом вегетаційного періоду?
8. За якою формулою розраховується природне старіння рослин?

### 6.4 Практична частина

Кожен студент одержує індивідуальне завдання, проводить необхідні розрахунки для визначення продуктивності культури, аналізує отримані результати.

## Приклад проведення розрахунків.

**Завдання.** Розрахувати продуктивність соняшника в Кіровоградській області в Новоукраїнському районі в 2004 році. В даний рік було посіяно соняшник сорту «ВИНИМК 8883». Найменша вологоємність в шарі ґрунту 0-100 см дорівнює 124 мм. Агроекологічні характеристики наводяться у табл. 4.1, дати сівби та фаз розвитку соняшнику в табл. 4.2

Таблиця 4.1 - Вихідні дані

Місяць	Травень	Червень			Липень			Серпень			Вересень		
Декада	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Середньодекадна температура	14,8	15,7	19,9	19,4	21,4	21,2	22,2	18,6	14,7	17,3	15,6	14,8	18,0
Дефіцит вологи повітря, гПа	6	5	8	9	13	11	12	8	5	7	6	5	5
Сума опадів, мм	17	44	14	11	0	8	17	23	47	23	29	13	17
Запас вологи, 0-20 мм	20	26	24	21	12	12	6	5	16	19	2	4	9
Запас вологи, 0-100 м	121	126	119	113	97	95	60	61	67	71	35	41	49
Кількість годин сонячного сьйва	9,5	10,1	10,2	9,5	10,8	10,6	10,6	10,2	10,2	8,9	7,1	7,4	6,4

Таблиця 4.2 – Дати сівби та фаз розвитку соняшнику

Фаза розвитку	Сівба	Сходи	Друга пара листя	Утворення суцвіть	Цвітіння	Достигання	Збирання
Дата	11.05	26.05	10.06	22.06	22.07.	29.09	15.10

**Примітка:** вихідні агрокліматичні дані потрібно виписати з агрокліматичного довідника.

### Для виконання завдання необхідно:

- Сформувати файл даних «ModPodSSm7.dat»,
  - Встановити кількість декад від сходів до збиральної стиглості, кількість днів від 1-го січня до сходів.
  - Ввести кількість декад; кількість днів від 1-го січня до сходів, місяць сходів; широту пункту в файл « ModPodSSm7.dat».
  - Ввести в цей файл масиви декадних даних: середньої декадної температури повітря; суму опадів по декадах, середній за декаду дефіцит вологості повітря; середню декадну кількість годин сонячного сьйва за декаду, кількість днів у кожній декаді.
  - Ввести в інформаційний масив «inf» найменшу вологоємність та запаси вологи на початок розрахунку шарі ґрунту 0-100 см

2. Провести розрахунки продуктивності посівів соняшнику за допомогою файлу з розширенням «exe».
3. Отримуємо файл з розширенням «res», в якому містяться результати проведених розрахунків:суха біомаса окремих органів (листя, стеблин, коріння, кошиків), суха біомаса цілої рослини та урожай насіння соняшнику; відносна площа листя та приріст біомаси рослин.

### Результати розрахунків:

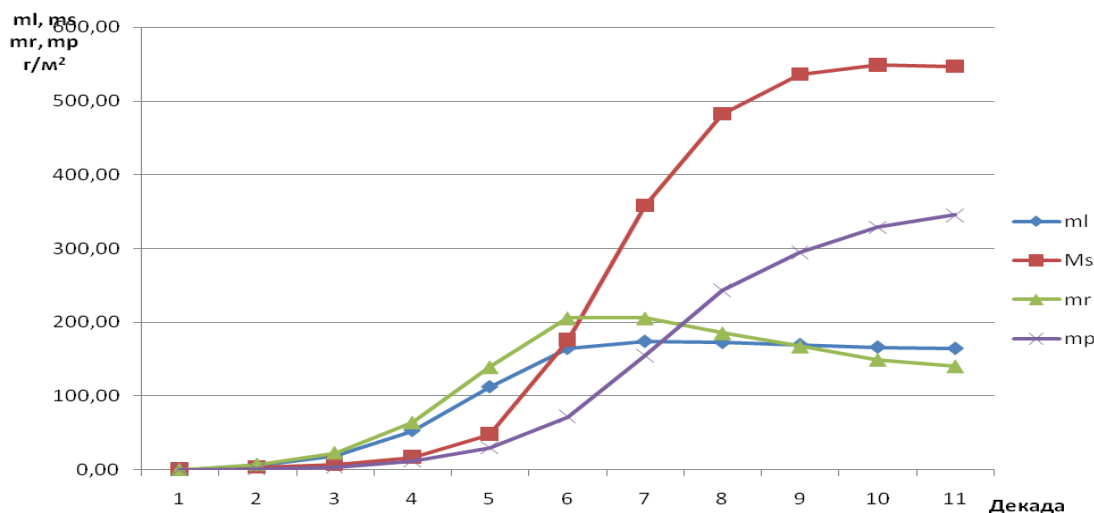


Рисунок 4.1 – Динаміка біомаси окремих органів рослин в Новоукраїнському районі Кіровоградської області, 2004 рік.

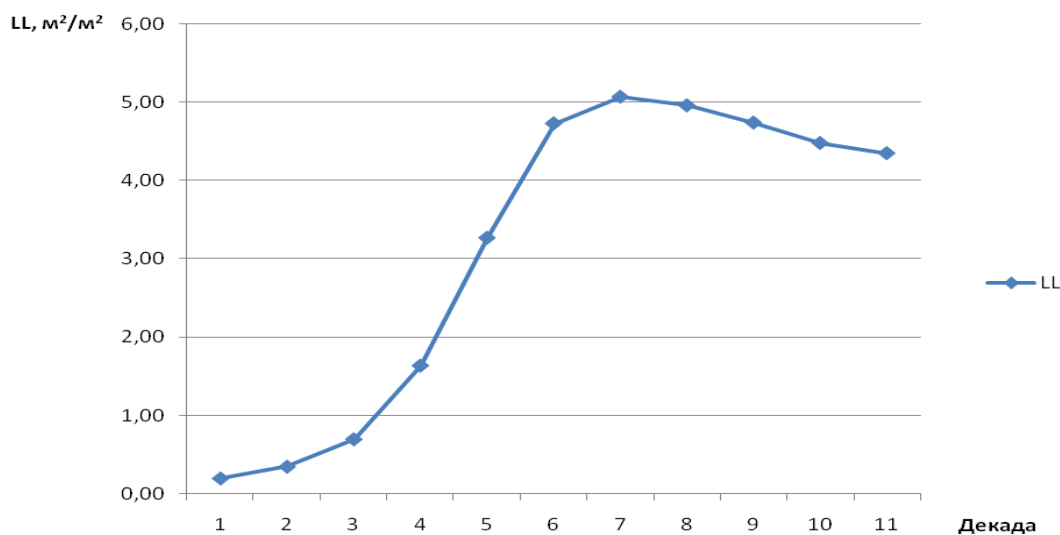


Рисунок 4.2 – Динаміка площі листя соняшника за вегетаційний період в Новоукраїнському районі Кіровоградської області, 2004 рік.

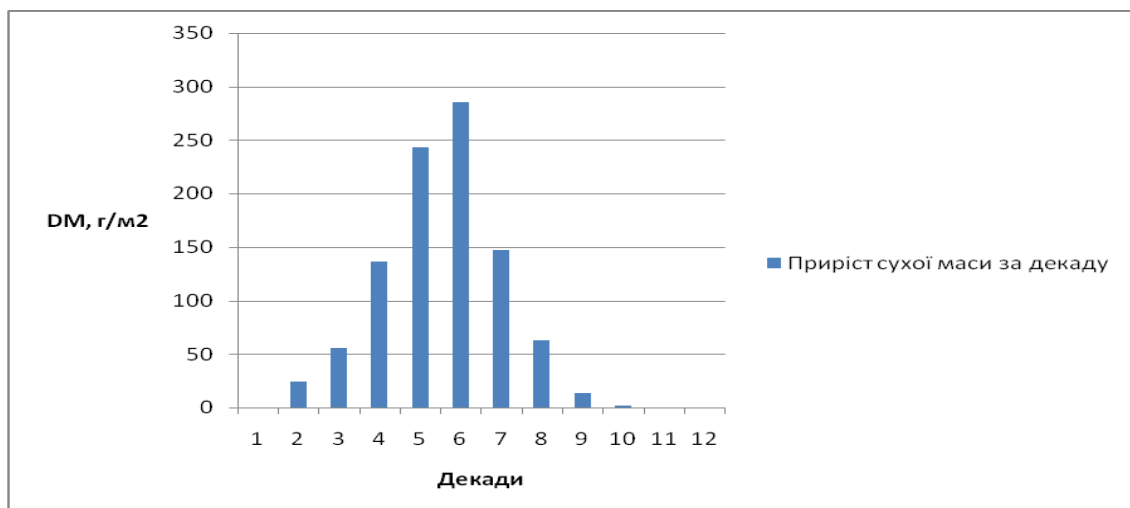


Рисунок 4.3 - Динаміка приросту загальної сухої біомаси соняшника в Новоукраїнському районі Кіровоградської області, 2004 рік.

**Висновки.** Наводиться порівняльний аналіз агрокліматичних умов формування продуктивності з агроекологічними умовами 2004 року.

Вихідні дані для розрахунку та аналізу продуктивності соняшника:

Примітка: Вихідні середньо багаторічні дані потрібно виписати з агрокліматичного довідника на кафедрі агрометеорології та агроекології

**Варіант 1.** Визначити продуктивність соняшнику у 2004 році в районі Нижні Сірогози. Херсонська область. Сорт (Гібрид) – Одеський. Географічна широта – 46°51'. Найменша польова вологоємність у 0-100 см шарі ґрунту – 156мм. Агрокліматичні дані по Херсонській області виписати з агрокліматичного довідника.

#### Вихідні дані

Місяць	Квітень	Травень			Червень			Липень			Серпень		
Декада	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Середня декадна температура	12,58	14,7	13,4	16,1	16,3	18,7	20,6	20,2	20,1	24,2	22,4	20,2	21,5
Дефіцит вологи повітря, гПа	6	7	6	7	7	8	7	10	8	13	8	7	7
Сума опадів, мм	15	31	43	22	3	10	22	6	13	0	152	33	11
Запас вологи, 0-20 мм	27	43	27	25	19	8	17	9	4	0	32		
Запас вологи, 0-100 м	133	147	139	131	106	70	79	43	29	15	108		
Кількість годин сонячного сяйва	7,5	8,8	9,4	9,0	9,0	10,2	9,8	11,0	10,7	10,5	10,5	10,0	9,1

#### Дати сівби та основних фаз вегетації соняшнику

Фаза розвитку	Сівба	Сходи	Утворення суцвіть	Цвітіння	Достигання	Збирання
Дата	22.04	02.05	14.06	06.07.	04.08	16.08

**Варіант 2.** Визначити продуктивність соняшнику у 2010 році Нижні Сірогози. Херсонська область. Сорт (Гібрид) – Піонер. Географічна широта – 46°51'. Найменша польова вологоємність у 0-100 см шарі ґрунту – 156мм. Агрокліматичні дані по Херсонській області виписати з агрокліматичного довідника.

Вихідні дані:

Місяць	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень		
Декада	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Середня декадна температура	11,8	16,5	17,0	18,6	22,8	24,4	22,3	23,1	25,3	25,4	29,1	27,5	21,9		
Дефіцит вологи повітря, гПа	8	10	7	7	14	17	7	8	11	13	26	21	14		
Сума опадів, мм	0	0	16	25	0	2	73	66	5	9	0	4	1		
Запас вологи, 0-20 мм	17	15	11	15	12	6	10	22	4	0					
Запас вологи, 0-100 м	89	89	83	80	75	59	22	43	19	6					
Кількість годин сонячного сльва	7,5	8,8	9,4	9,0	9,0	10,2	9,8	11,0	10,7	10,5	10,5	10,0	9,1		

Дати сівби та основних фаз вегетації соняшнику

Фаза розвитку	Сівба	Сходи	Утворення суцвіть	Цвітіння	Достигання	Збирання
Дата	24.04	12.05	10.06	08.07	04.08	22.08

**Варіант 3.** Визначити продуктивність соняшнику у 20016 році Нижні Сірогози. Херсонська область. Сорт (Гібрид) – Люкс. Географічна широта – 46°51'. Найменша польова вологоємність у 0-100 см шарі ґрунту – 156мм. Агрокліматичні дані по Херсонській області виписати з агрокліматичного довідника.

Вихідні дані:

Місяць	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Середня декадна температура	11,0	14,5	11,9	13,8	15,8	18,0	16,9	22,0	25,8	24,1	25,9	23,6	25,1
Дефіцит вологи повітря, гПа	7	6	4	5	5	6	6	9	15	11	16	15	16
Сума опадів, мм	1	7	43	22	26	33	22	20	99	11	4	1	15
Запас вологи, 0-20 мм	28	23	29	32	41	30	34	35	2	25			
Запас вологи, 0-100 м	111	100	103	112	124	108	106	108	35	97			
Кількість годин сонячного сльва	6,2	6,0	7,5	8,8	9,4	9,0	9,0	10,2	9,8	11,0	10,7	10,5	10,5

Дати сівби та основних фаз вегетації соняшнику

Фаза розвитку	Сівба	Сходи	Утворення суцвіть	Цвітіння	Достигання	Збирання
Дата	09.04	22.04	04.06	28.07.	18.07	04.08

**Варіант 4.** Визначити продуктивність соняшнику у 2014 році Асканія-Нова. Херсонська область. Сорт (Гібрид) – НК Бріо. Географічна широта – 46°27'. Найменша польова вологемність у 0-100 см шарі ґрунту – 131мм. Агрокліматичні дані по Херсонській області виписати з агрокліматичного довідника.

#### Вихідні дані

Місяць	Квітень		Травень			Червень			Липень			Серпень	
Декада	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Середньодекадна температура	11,0	13,3	13,3	18,5	21,7	22,1	19,8	19,7	23,4	25,6	26,1	27,7	25,1
Дефіцит вологи повітря, гПа	4	6	5	7	12	12	10	9	16	18	22	27	17
Сума опадів, мм	10	1	9	3	4	26	31	34	0	0	0	0	27
Запас вологи, 0-20 мм	18	15	26	23	20	8	29	26	10	10	13		
Запас вологи, 0-100 м	75	65	83	89	75	38	85	80	38	20	19		
Кількість годин сонячного сяйва	5,9	7,5	8,9	9,5	9,0	8,9	10,3	9,7	11,0	10,7	10,5	10,5	10,0

#### Дати сівби та основних фаз вегетації соняшнику

Фаза розвитку	Сівба	Сходи	Утворення суцвіть	Цвітіння	Достигання	Збирання
Дата	16.04	28.04	06.06	08.07.	31.07	20.08

**Варіант 5.** Визначити продуктивність соняшнику у 2018 році Асканія-Нова. Херсонська область. Сорт (Гібрид) – Неома. Географічна широта – 46°27'. Найменша польова вологемність у 0-100 см шарі ґрунту – 131мм. Агрокліматичні дані по Херсонській області виписати з агрокліматичного довідника.

#### Вихідні дані

Місяць	Квітень		Травень			Червень			Липень			Серпень	
Декада	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Середня декадна температура	15,5	19,0	17,4	20,3	19,7	23,6	24,0	23,8	24,2	24,7	25,7	25,1	
Дефіцит вологи повітря, гПа	9	10	8	14	13	18	14	15	13	11	19	21	
Сума опадів, мм	0	14	4	1	0	2	9	0	8	29	0	0	
Запас вологи, 0-20 мм	24	22	24	16	22	15	26	11	16	28			
Запас вологи, 0-100 м	124	115	91	74	86	82	71	39	49	41			
Кількість годин сонячного сяйва	7,5	8,9	9,5	9,0	8,9	10,3	9,7	11,0	10,7	10,5	10,5	10,0	

#### Дати сівби та основних фаз вегетації соняшнику

Фаза розвитку	Сівба	Сходи	Утворення суцвіть	Цвітіння	Достигання	Збирання
Дата	30.04	12.05	12.06	04.07.	31.07	14.08

## ЛІТЕРАТУРА

1. Барвінський А.В., Тихенко Р.В. Оцінка і прогноз якості земель: підручник. Київ: Медінформ. 2015. 642 с.
2. Веселовський І.В., Бегей С.В. Ґрунтозахисне землеробство. Київ: Урожай, 1995. 304 с
3. Жигайло О.Л. Методичні вказівки «Управління базовими елементами систем землеробства» для студентів 2 курсу, спеціальність «Агрометеорологія», рівень підготовки 804010602 – магістр. Одеса, ОДЕКУ, 2015 р. 28с.
4. Жигайло, О.Л. та Жигайло, Т.С. Моделювання продуктивності соняшнику в умовах майбутніх змін клімату в Україні за сценаріями антропогенного впливу RCP. Український гідрометеорологічний журнал, 2017. 20. с. 71-78.
5. Краснолуцький О.В., Тихенко Р.В., Євсюков Т.О. Складання проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічно обґрунтовані сівозміни та впорядкування угідь. *Землевпорядний вісник*. №4. 2010. С.14-17.
6. Капуш Д.А, Лядова Н.І. Методичні вказівки до лабораторно-методичних занять з курсу «Моніторинг земель». Одеса, ОДАУ, 2002. 21 с.
7. Польовий А.М. Методичні вказівки з дисципліни «Моделювання водно-теплового режиму та продуктивності агроєкосистем» для студентів IV курсу метеорологічного факультету «Розрахунок водно-теплового режиму сільськогосподарських полів» за спеціальністю «Агрометеорологія» Одеса, ОДЕКУ, 2015 р. 23с.

## **ДОДАТКИ**



ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра агрометеорології та агроекології

Дисципліна « У п р а в л і н н я а г р о е к о с и с т е м а м и »

**ПРОТОКОЛ № \_\_**

тема практичної роботи \_\_\_\_\_

Виконав(ла) Студент(ка) гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Прізвище Ім'я По батькові)

Оцінка за теоретичну частину роботи	Оцінка за практичну частину роботи	Загальна оцінка

Одеса – 20\_\_р.

**СХЕМА ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ**

I Вихідні дані

II Методика виконання завдання

III Проведення розрахунків

IV Висновки

V Рекомендації

Таблиця -1 Порівняльна оцінка агротехнологій

Показники	Агротехнології			
	екстенсивні	нормальні	інтенсивні	високі
Сорти	Толерантні	Пластичні	Інтенсивні	Зі заданими параметрами
Ґрунтово ландшафтні умови	різної складності	помірно складні	КЗ > 0,6; плоскі ЕАА, плямистості	КЗ > 0,8; плоскі ЕАА, однородні ГК
Добрива	Нема	Підтримуючі	Програмові	Точні
Захист рослин	Епізодичний	Обмежений, проти найбільш шкідливих видів	Інтегрований	Екологічно збалансований
Обробка ґрунту	Система оранки	Ґрунтозахисна комбінована	Диференційовано мінімізована	Оптимізована
Техніка	Першого-другого поколінь	Третього покоління	Четвертого покоління	Прецизійна
Якість продукції	Невизначена	Нестійко задовільна	Відповідає вимогам переробки та ринку	Збалансована за всіма компонентами
Землеоціночна основа	Ґрунтові карти М 1: 25000	Ґрунтові карти М 1: 10 000	Ґрунтово-ландшафтні карти	ГІС
Екологічний ризик	Активна деградація ґрунту і ландшафту	Деградація ґрунтів	Риск забруднення	Мінімальний ризик

Примітка: КЗ – коефіцієнт зволоження; ЕАА – елементарний ареал агроландшафту; ГК – ґрунтовий комплекс; ГІС – геоінформаційна система.

Таблиця 2 – Вклад факторів (%) у формування врожаю зерна

Фактор	Агротехнологія	
	екстенсивна	інтенсивна
Природна родючість	40	10
Кліматичні умови	20	15
Обробка ґрунту	20	10
Добрива	10	30
Сорт, насіння	5	20
Захист рослин	5	15
Врожайність, т/га	1,6-2,6	5-7

**ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Б**

**Таблиця 3 - Агроекологічні стандарти для досягнення максимальних урожаїв**

Ранг фактору	Показники	Одиниця вимірювання	Стандарт	Факт
1	2	3	4	5
<b>Зерно</b>				
<b>Землеробство</b>				
1	освоєність системи землеробства	%	100	
	освоєність сівозміни	%	100	
	сортооновлення	год	5	
	якість насіння: I класу	%	100	
	мінеральні добрива	кг/га	250	
	органічні добрива	т/га	7	
	меліоранти	%	100	
	засоби захисту рослин біопрепарати	% потреби	100	
<b>Ґрунтові ресурси</b>				
2	Бонітет ріллі	бал	66,4	
	бонітет сіножать	бал	20	
	Бонітет пасовищ	бал	19,4	
	Вміст азоту	мг/кг	200	
	вміст фосфору рухомого	мг/кг	15	
	вміст калію рухомого	мг/кг	16	
<b>Кліматичні ресурси</b>				
3	Гідротермічний коефіцієнт вегетаційного періоду		1,1—1,3	
	середньодобова температура ґрунту на глибині загортання насіння	°С	6-12	
<b>Рельєф</b>				
4	розчленованість території	км/км <sup>2</sup>	0	
	рілля на схилах до 3°	%	100	
<b>Енергоозброєність</b>				
	трактори загального призначення	шт/1000 га	10,25	
	комбайни	шт/1000 га	7,69	
	ґрунтообробні знаряддя	шт/1000 га	3,01	
	сіялки	шт/1000 га	10,5	
	автомобілі вантажні	шт/1000 га	9,93	
<b>Збереження врожаю</b>				
6	криті склади	%	100	
	криті токи	%	100	
	зерноочисні – сушильні комплекси	шт/1000 т	0,2	

BAZOVAJ DINAMICHESKAJ MODEL FORMIROVANIJ  
UROGAJ SELSKOXOZJYSTVENNIX  
kultur(podsolnechnik)

В И Х І Д Н А І Н Ф О Р М А Ц І Я

Donezckaga sr

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov

mesjz vsxodov; schirota punkta:

13117 27 2748.10

Summa osadkov za dekadu (mm):

5.0 15.0 18.0 14.0 21.0 15.0 13.0 18.0 17.0 12.0 17.0 20.0 0.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

9.0 8.0 8.0 10.0 8.0 11.0 11.0 11.0 12.0 11.0 10.0 7.0 0.0

Sredn. za dekadu tempsratura vozduxa (grad. C):

10.9 13.4 15.7 17.5 18.7 19.8 22.4 21.3 22.3 22.2 22.3 21.6 19.7

Sredn.za dekadu chislo chasov colnechn. sijnij, chasi

9.2 9.5 8.9 9.3 8.9 10.2 10.1 11.0 9.7 9.7 9.0 6.8 0.0

Korrek, koeffiz.wladoobespechennosti

0.350 0.450 0.450 0.600 0.600 0.600 0.450 0.450 0.450 0.450

0.450 0.450 0.450

Chislo dney v rashetnoy deкаде:

3 10 10 11 10 10 10 10 11 10 10 11

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.140 0.100 0.160 0.000 0.2001999.000 167.000 430.000 340.000 400.000

800.000 410.000 900.000 435.000 0.500 0.500 380.000 380.000 2.000 37.000

0.210 0.410 0.280 0.100 34.000 340.000 5.000 22.000 124.000 0.350

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ

\*\*\*\*\*

Таблиця Б.1 – С У Х А Я Б И О М А С С А О Р Г А Н О В (г/м<sup>2</sup>) та урожай (ц/га)

i'dek icyt i ms i ml i mr i mp i m i mg i

i	1i	3i	0.14i	0.10i	0.16i	0.01i	0.40i	0.00i
i	2i	13i	5.14i	3.44i	6.53i	0.80i	0.40i	0.06i
i	3i	23i	17.09i	8.26i	20.92i	3.31i	15.91i	0.25i
i	4i	34i	48.45i	16.98i	58.17i	10.87i	49.58i	0.81i
i	5i	44i	105.59i	38.96i	128.82i	26.62i	134.48i	1.97i
i	6i	54i	170.34i	128.54i	212.35i	61.18i	299.99i	4.53i
i	7i	64i	183.45i	272.32i	216.81i	125.16i	572.41i	9.27i
i	8i	74i	181.65i	355.29i	195.56i	192.19i	797.74i	14.24i
i	9i	84i	178.52i	383.44i	176.40i	233.33i	924.70i	17.29i
i	10i	95i	174.99i	383.07i	157.38i	262.88i	971.69i	19.48i
i	11i	105i	171.84i	377.75i	141.96i	286.83i	978.32i	21.25i
i	12i	115i	168.75i	371.35i	128.05i	309.12i	978.39i	22.91i
i	13i	126i	165.41i	364.07i	114.24i	331.92i	977.27i	24.60i

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ В

Таблиця Б.2 – ПЛОЩА ЛИСТЯ, РАДІАЦІЯ, ПРИРІСТ, СУМИ Т-Р, ФУНКЦІЇ ПЛИВУ

idek	icyt	LL	q	DM(g/m <sup>2</sup> )	ts <sup>2</sup>	fl	ksifl	gamf
i 1	3	0.20	526.755	0.000	17.700	0.000	0.000	0.87
i 2	13	0.34	541.778	14.734	101.700	1.691	0.710	0.85
i 3	23	0.66	527.785	31.963	208.700	4.059	0.822	0.84
i 4	34	1.52	544.699	80.083	346.200	9.936	0.900	0.80
i 5	44	3.09	533.612	157.169	483.200	21.791	0.943	0.74
i 6	54	4.89	577.879	261.456	631.200	34.540	0.973	0.66
i 7	64	5.32	574.608	222.070	805.200	28.061	0.999	0.49
i 8	74	5.19	605.024	127.574	968.200	15.210	0.997	0.40
i 9	84	4.95	559.068	48.418	1141.200	5.543	0.999	0.30
i 10	95	4.68	556.071	8.760	1330.400	0.923	1.000	0.14
i 11	105	4.44	527.786	1.729	1503.400	0.188	0.999	0.10
i 12	115	4.21	451.182	0.416	1669.400	0.043	0.999	0.10
i 13	126	3.96	284.252	0.074	1831.100	0.007	0.971	0.10

Таблиця Б.3 – АГРОКЛІМАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

IDEK	cyt	Os	Eakt	epot	exr	Wt/m <sup>2</sup>	kal/sm <sup>2</sup> min
i 1	3	5.0	9.6	13.2	18.5	470.41	0.351
i 2	13	15.0	27.6	39.0	63.6	478.15	0.357
i 3	23	18.0	27.4	39.0	61.9	458.35	0.342
i 4	34	14.0	35.8	53.6	70.4	466.63	0.348
i 5	44	21.0	24.0	39.0	62.6	452.70	0.338
i 6	54	15.0	30.2	53.6	68.1	487.75	0.364
i 7	64	13.0	25.2	53.6	67.7	484.58	0.362
i 8	74	18.0	22.8	53.6	71.4	512.01	0.382
i 9	84	17.0	22.6	58.5	65.7	476.75	0.356
i 10	95	12.0	19.2	59.0	71.9	479.98	0.358
i 11	105	17.0	13.2	48.8	61.9	462.76	0.345
i 12	115	20.0	10.5	34.1	52.4	402.67	0.300
i 13	126	0.0	7.0	0.0	35.0	259.07	0.193