

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять

з дисципліни «Біологічні та екологічні основи формування  
продуктивності агроєкосистеми»

Напрями підготовки - Гідрометеорологія, Екологія  
Спеціальність - Агрометеорологія  
Спеціалізація - агроєкологія

Одеса – 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ КРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять  
з дисципліни «Біологічні та екологічні основи формування  
продуктивності агроєкосистеми»

Напрямок підготовки - Гідрометеорологія, Екологія  
Спеціальність - Агromетеорологія  
Спеціалізація - агроєкологія

“Затверджено”  
на засіданні кафедри агromетеорології  
та агromетеорологічних прогнозів  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2015 р  
Зав. кафедри \_\_\_\_ проф. Польовий А.М.

«Узгоджено»  
Декан факультету магістерської та  
аспірантської підготовки  
\_\_\_\_\_ Боровська Г.О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять

з дисципліни «Біологічні та екологічні основи формування  
продуктивності агроєкосистеми»

Напрямок підготовки - Гідрометеорологія, Екологія  
Спеціальність - Агрометеорологія  
Спеціалізація - агроєкологія

“Затверджено”  
на засіданні методичної комісії  
гідрометеорологічного інституту  
протокол №\_\_ від \_\_\_\_\_ 2015р.

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Біологічні та екологічні основи формування продуктивності агроєкосистеми» для магістрів гідрометеорологічного інституту спеціальності – агрометеорологія, та магістрів спеціалізації – агроєкологія. // Укладачі: д.геогр.н., проф. Польовий А.М., к.геогр.н., доц. Божко Л.Ю., к.геогр.н. Барсукова О.А. Одеса, ОДЕКУ, 2015. - 52с.

## ЗМІСТ

### ВСТУП

1. Тема 1. Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур...
  - 1.1 Теоретична частина.....
  - 1.2 Практична частина
2. Тема 2.
  - 2.1 Теоретична частина**
  - 2.2 Практична частина**
3. Тема 3.
  - 3.1 Теоретична частина**
  - 3.2 Практична частина**
4. Тема 4
  - 4.1 Теоретична частина**
  - 4.2 Практична частина**

## ВСТУП

Обсяг сільськогосподарського виробництва, якість врожаїв сільськогосподарських культур залежить від біологічних особливостей рослин, родючості ґрунтів, кількості сонячного світла, тепла та вологи, від рівня культури землеробства, ґрунтово-кліматичних умов та екстремальних атмосферних явищ.

За даними наукових досліджень лише третина території України знаходиться в зоні гарантованих врожаїв. На решті території посушливі умови весняно-літнього періоду, несприятливі умови перезимівлі та перезволоження ґрунту, заморозки, сильні зливи та град зменшують врожаї на 30 – 40 %. Значна втрата родючих земель від вітрової та ґрунтової ерозії зменшує посівні площі. Тому фахівцям сільськогосподарського виробництва необхідно вміти ефективно використовувати ресурси клімату і погоди для підвищення продуктивності сільського господарства. Для цього необхідно знати фізичні основи явищ і процесів, що відбуваються в приземному шарі атмосфери та їх вплив на об'єкти і процеси сільськогосподарського виробництва.

Методичні вказівки передбачають виконання практичних робіт та закріплення знань за темами :

- методи оцінки коливання врожайності сільськогосподарських культур;
- методи розрахунків агрометеорологічних показників формування продуктивності рослин:
  - методи оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності агро екосистем;
  - методи розрахунків агроекологічних врожаїв сільськогосподарських культур різних рівнів;

**Мета** методичних вказівок – навчити студентів розраховувати мінливість врожаїв сільськогосподарських культур, встановлювати причини їх коливання, знаходити головні чинники, які мають вирішальний вплив на формування врожаю

Виконання практичних завдань сприяє закріпленню теоретичних знань та надає студентам можливість набути практичні навички у виконанні розрахунків.

Після вивчення цих тем студенти повинні **знати**:

- основні причини коливання врожаїв сільськогосподарських культур у різних регіонах України;
- вплив агрометеорологічних умов на продуктивність рослин під час їх дії в різні періоди їх розвитку;
- методи розрахунку агрометеорологічних показників формування врожаю;

Після виконання завдань студенти повинні **вміти**:

- розраховувати тренди врожайності та мінливість врожаїв;
- виконувати розрахунки агрометеорологічних показників, які відіграють провідну роль у формування врожаїв;
- розраховувати агроекологічні рівні врожаїв за допомогою математичних моделей;
- розраховувати різні величини врожаїв при різних КПД сонячної радіації;
- розраховувати тепло та вологозабезпеченість території відносно вимог різних культур до цих показників;
- користуватись довідковою літературою;
- виконувати технічний та критичний контроль отриманих результатів, складати оглядові тексти.

# ТЕМА 1. МІНЛИВІСТЬ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДІРСЬКИХ КУЛЬТУР

## 1.1 Теоретична частина

Прогрес в сільському господарстві сприяв значному підвищенню врожайності усіх культур. Але при загальному зростанні врожайності, коливання її в окремі роки дуже значні і останнім часом не зменшуються. Тому, для одержання програмованих врожаїв і науково - обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур, поряд з розв'язуванням інших питань, необхідне вивчення часової мінливості врожаїв в різних кліматичних зонах.

Коливання врожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлюється впливом великої кількості факторів, як то: досягнення генетики і селекції, кількість і якість добрив, строки і норми їх внесення, засоби боротьби з шкідниками і хворобами, меліорація земель, види сільськогосподарської техніки і погодні умови.

При розв'язуванні багатьох практичних питань виникає необхідність оцінки впливу на врожаї окремих факторів або їх груп. Для цього розглядають часовий ряд врожаїв. *Часовим рядом* називається послідовність спостережень, упорядкованих згідно з часом. Головною особливістю, що відрізняє аналіз часових рядів серед інших видів статистичного аналізу, є суть порядку, в якому проводяться спостереження [1]. Якщо в багатьох задачах спостереження, як правило, статистично незалежні, то в часових рядах вони залежні і характер залежності визначається розміщенням спостережень в цій послідовності.

У загальному вигляді часовий ряд представляє собою вираз:

$$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n, \quad (1.1)$$

де  $y_i$  – значення  $i$ -го рівня часового ряду,

$n$  – довжина часового ряду.

Однією з найважливіших задач аналізу часових рядів є визначення основної закономірності зміни в часі (тенденції) явища, що вивчається. З цією метою розкладають ряд на дві складові, які характеризують різні групи факторів. При цьому за загальну статистичну модель часового ряду приймають модель:

$$y_t = f(t) + E_t, \quad (1.2)$$

де  $f(t)$  – деяка не випадкова функція часу;

$E_t$  – випадкова складова часового ряду (випадкова компонента).

Ці компоненти часового ряду не спостерігаються, вони – теоретичні величини. В цій моделі вважається, що з часом випадкова компонента не змінюється і будь-яка залежність від часу входить до стаціонарної складової.



Стаціонарна складова часового ряду обумовлюється рівнем культури землеробства, визначає загальну тенденцію зміни врожаю за розглядуваний період, і представляє собою плавну лінію – *тренд*. Тренд характеризує основну закономірність розвитку явищ з часом, але ця закономірність не повністю вільна від випадкових впливів. Тренд описує тенденцію, осереднену для ряду спостережень. Випадкова компонента обумовлена погодними особливостями окремих років, визначає їх вплив на формування врожаїв і обумовлює відхилення від лінії тренду.

Такий розклад обумовлюється тим, що рівень культури землеробства впливає на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але й у подальшому, тобто сільському господарству притаманна інерційність, внаслідок чого різких коливань врожаїв двох суміжних років, пов'язаних з культурою землеробства, не спостерігається. Тому тренд досить точно характеризує середній рівень урожаїв, обумовлений визначеною культурою землеробства, економічними і природними особливостями будь-якого району.

Форма тренда і його параметри визначаються через добір найкращої (за будь-яким із показників статистичних критеріїв) функції із числа наявних. При правильному виборі тренда відхилення від нього будуть мати випадковий характер. Якщо за певний відрізок часу спостерігається рівномірна зміна врожайності, то лінія тренда описується рівнянням прямої

$$y = a_0 + a_1 t \quad (1.3)$$

Якщо ж зміна врожайності нерівномірна то лінія тренда – це парабола другого порядку

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \quad (1.4)$$

де  $y$  – врожайність, ц/га;

$a_0$  – вирівняний рівень врожайності на початку даного періоду;

$a_1$  – середньорічний приріст врожайності, обумовлений культурою землеробства;

$a_2$  – прискорення приросту врожайності (тенденція зміни середнього річного приросту);

$t$  – порядковий номер року в ряду врожайності.

Мінливість врожаїв за період оцінюється коефіцієнтом варіації:

$$C_v = \frac{\sigma_y}{\bar{y}}, \quad (1.5)$$

де  $\sigma_y$  – середнє квадратичне відхилення ряду врожаїв;

$\bar{y}$  – середній врожай, ц·га<sup>-1</sup>.

Коефіцієнт варіації характеризує загальну варіацію ряду врожаїв, яка обумовлена всіма чинними факторами. Доцільно оцінювати також окремо вклад культури землеробства і погодних умов. Для цього загальну дисперсію ряду розкладають на сум двох дисперсій: дисперсію пов'язану з культурою землеробства ( $\sigma_{кз}^2$ ), і дисперсію, обумовлену погодою окремих років ( $\sigma_n^2$ ):

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}; \quad (1.6)$$

$$\sigma_{32}^2 = \sigma_{кз}^2 + \sigma_n^2; \quad (1.7)$$

$$\sigma_n^2 = \sigma_{32}^2 - \sigma_{кз}^2; \quad (1.8)$$

$$\sigma_{32}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad \text{і} \quad \sigma_{кз}^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (1.9)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (1.10)$$

$$c_n = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (1.11)$$

де  $\hat{y}_i$  – врожайність, розрахована з рівняння лінії тренда (динамічна середня);

$c_n$  – коефіцієнт варіації врожаїв, обумовлений особливостями погоди окремих років;

$y_i$  – значення ряду врожаїв;

$\bar{y}$  – середнє арифметичне значення ряду;

$n$  – довжина ряду.

Середня квадратична помилка коефіцієнта варіації  $\sigma_{c_n}$  розраховується з формули

$$\sigma_{c_n} = \frac{c_n \sqrt{1 + c_n^2}}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (1.12)$$

В порівнянні з вищеописаними методами розрахунку лінії тренда метод гармонічних зважувань, запропонований З.Хельвігом [ ] для прогнозування економічних показників, має ту перевагу, що відповідає необхідність вибору функції аналітичного порівнювання. Головна мета методу гармонічних

зважувань полягає в тому, що внаслідок порівняння окремих спостережень часового ряду віддається перевага пізнішим спостереженням.

При використанні методу гармонічних зважувань за деяке наближення  $f(t)$  дійсного тренда приймається ламана лінія, яка зрівнює чинну кількість даних часового ряду  $y_t$ .

Мінливе положення окремих відрізків ламаної лінії, яка представляє тренд, описує безперервну зміну у виучуваному процесі, тобто окремі його фази. Для визначення окремих фаз руху поточного тренда необхідно вибрати деяке число  $k < n$  та за допомогою методу найменших квадратів розрахувати параметри рівнянь лінійних відрізків (фаз тренду)

$$y_i(t) = a_i + b_i t; \quad (i = 1, 2, \dots, n-k+1), \quad (1.13)$$

де  $k < n$  – кількість точок згладженого ряду,

при цьому: для  $i = 1, t = 1, 2, \dots, k$ ; для  $i = 2, t = 2, 3, \dots, k+1$ ;

для  $i = n - k + 1, t = n - k + 2, \dots, n$ .

Параметри  $a$  і  $b$  визначаються методом найменших квадратів.

Далі слід визначити значення кожної функції  $y_i(t)$  у точках:  $t=i+n-1, n=1, 2, \dots, k$ . Відібрати серед цих значень ті, для яких  $t = i$  і визначити через  $y_i(t)$  значення функції  $y_i(t)$  для  $t=i$ . Кількість визначень в кожній точці  $y_i(t)$  нехай буде  $q_i$ . Середнє визначається з виразу:

$$\bar{y}_i(t) = \frac{1}{q_i} \sum_{j=1}^{q_i} y_i(t), \quad j=1, 2, \dots, q_i. \quad (1.14)$$

Прогнозування значення часового ряду визначається з формули

$$\bar{y}_{t+1} = \bar{y}_t + \bar{\omega}_{t+1}, \quad (1.15)$$

де  $\bar{\omega}_{t+1}$  – середнє прирощення функції  $f(t)$ .

Для прогнозу тенденції часового ряду методом гармонічних зважувань повинні виконуватись такі передумови:

- 1) часовий ряд повинен бути досить тривалим, щоб в середині цього ряду була можливість простежити закономірність процесу;
- 2) відхилення від поточного тренда повинні представляти стаціонарний випадковий процес.

Метод гармонічних зважувань враховує ці передумови, а розрахунки виконуються у такій послідовності.

Прирощення функції

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t \quad (1.16)$$

Середні приращення

$$\bar{\omega}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1} \quad (1.17)$$

де  $C_{t+1}^n$  – гармонічні зважування, які визначаються з формули

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{n-1}, \quad (1.18)$$

де  $m_{t+1}$  – гармонічні коефіцієнти.

При розрахунку гармонічних коефіцієнтів зберігається головна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більше ваги. Найраніші спостереження мають вагу:

$$m_2 = \frac{1}{n-1}, \quad (1.19)$$

в наступний момент вага інформації  $m_3$  буде

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-1} \quad (1.20)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається з рівняння

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}; \quad (t = 2, 3, \dots, n-1), \quad (1.21)$$

з початковою величиною, визначеною з рівняння (1.19)

Екстраполяція тенденції часового ряду визначається з виразу

$$y_{t+1} = y_t + \omega_{t+1} \quad (1.22)$$

Запропонований вище алгоритм описує розрахунок динамічної складової часового ряду за методом гармонічних зважувань.

Для екстраполяції тенденції врожайності використовуються щорічні дані середньої обласної врожайності сільськогосподарських культур всіх категорій господарств у центнерах з гектара.

При розрахунках тенденції врожайності сільськогосподарської культури необхідно враховувати те, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається врожайність, повинен складати не менше 18 років. За цієї умови кількість років, що утворюють одну фазу поточного тренда, становить 16 ( $k = 16$ ).

## 1.2 Практична частина

### Завдання 1.

- Побудувати з допомогою програми EXCEL графік динаміки врожайності сільськогосподарських культур ( дані для виконання завдання видає викладач, або студент використовує матеріал курсового проекту);
- Розрахувати лінію тренду методом найменших квадратів;
- Знайти щорічне відхилення врожаїв від лінії тренду, теж побудувати графік. Пояснити відхилення врожаїв від лінії тренду.

### Завдання 2.

- ознайомитись з програмою розрахунку тренду методом гармонічних зважувань ( додаток А);
- з використанням ПЕОМ за програмою «тренд» розрахувати точки тренду (дані для виконання завдання ті ж, що і в завданні №1). Побудувати графік, знайти щорічне відхилення врожаїв від лінії тренду;
- порівняти динаміку щорічних відхилень урожаїв від ліній тренду, розрахованих різними методами.
- Розрахувати коефіцієнт варіації кліматичної складової урожайності за формулою (1.11), використовуючи табл. 1.1

Таблиця 1.1 Розрахунок коефіцієнту варіації кліматичної складової урожаю

№ п/п	Урожай, ц/га		Складові формули (1.11)			
	$Y_i$	$\hat{y}$	$Y_i - Y_{cp}$	$(Y_i - Y_{cp})^2$	$Y_i - \hat{y}$	$(Y_i - \hat{y})^2$
1						
2						
...						
...						
...						
...						
N	$\sum$			$\sum$		$\sum$
	$Y_{cp} = \sum / n$					

## ТЕМА 2.ВПЛИВ ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМИ

### 2.1 Теоретична частина

#### 2.1.1 Фотосинтетична продуктивність посівів

##### сільськогосподарських культур

Процес трансформації поглиненої рослиною енергії світла в хімічну енергію органічних (і неорганічних) з'єднань називається **фотосинтезом**.

Це складний цикл біохімічних і біофізичних процесів, в ході яких рослини, поглинаючи сонячну енергію у формі ФАР, створюють за допомогою зеленого пігменту – хлорофілу із вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) та води ( $\text{H}_2\text{O}$ ) високо енергетичні вуглеводи (крохмаль, цукор, глюкозу, клітчатку і ін.), вивільнюючи при цьому кисень ( $\text{O}_2$ ). Первинні продукти фотосинтезу в результаті асиміляції перетворюються в органічні речовини (асиміляти), які використовуються рослиною впродовж росту і розвитку для створення вегетативної та генеративної маси.

ФАР - найважливіший фактор продуктивності рослин. Інтенсивність ФАР вимірюється інструментально, або розраховується за даними про надходження прямої, розсіяної чи сумарної радіації ( $Q$ ) (Тоомінг Х.Г., Гуляев Б.І., 1967, Єфимова Н.А., 1977):

$$\sum Q_{\text{фар}} = 0,43 \sum S' + 0,57 \sum D \quad , \quad (2.1)$$

де  $\sum Q_{\text{фар}}$  – сумарна фотосинтетично активна радіація ( $\text{Дж}/\text{м}^2$ );

$\sum S'$  – сума прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню, ( $\text{Дж}/\text{м}^2$ );

$\sum D$  – сума розсіяної сонячної радіації ( $\text{Дж}/\text{м}^2$ ).

Для приблизного розрахунку ФАР використовується також формула

$$Q_{\text{фар}} = 0,52 \sum Q \quad . \quad (2.2)$$

Сумарна радіація ( $Q$ ) – сума прямої ( $S'$ ) і розсіяної радіації ( $D$ ), що падає на горизонтальну поверхню, у даному випадку – на поверхню рослин

$$Q = S' + D \quad . \quad (2.3)$$

Найбільш точні дані значень добових величин сумарної радіації одержують за допомогою стандартних метеорологічних спостережень (актинометричних). Однак мережа станцій, які ведуть відповідні спостереження, не задовольняє вимоги оперативного

агrometeorологічного обслуговування різних територій. У такому випадку визначення  $Q$  проводиться за допомогою розрахунків з використанням інших метеорологічних характеристик [4 – 7].

Тривалість сонячного сяйва, отримана за допомогою геліографа, дозволяє з високою мірою точності розраховувати величини сумарної радіації. З цією метою використовується формула С.І.Сівкова, яка складається з параметрів, що не входять до інших емпіричних формул:

$$Q = 12,66(SS^j)^{1,31} + 315(\sin h_o^j)^{2,1}, \quad (2.4)$$

де  $SS$  – тривалість сонячного сяйва за добу, кал · см<sup>-2</sup> · доб<sup>-1</sup> ;

$h_o$  – полуденна висота Сонця, град.

На верхній межі посіву інтенсивність ФАР розраховується за ф

$$Q_o = \sum Q / 60 \tau_d,, \quad (2.5)$$

При проникненні ФАР всередину рослинного покриву відбувається зменшення її інтенсивності в залежності від висоти рослинного покриву, кутової орієнтації листя, розподілу густоти рослинного покриву щодо вертиткалі, товщини і форми листя та ін.

$$Q_{фар} = Q_o / (1 + cL), \quad (2.6)$$

де  $Q_{фар}$  - інтенсивність ФАР в посіві, кал · см<sup>-2</sup> · хв<sup>-1</sup>;

$L$  – відносна площа листя, м<sup>2</sup> · м<sup>2</sup>;

$C$  – емпіричний коефіцієнт, що дорівнює 0,65, безрозмірний.

*Продукційний процес рослин (ППР)* – це сукупність окремих взаємопов'язаних процесів, головними з яких є фотосинтез дихання і ріст.

Рослини під впливом сонячної енергії та поглинання CO<sub>2</sub> з повітря і води з ґрунту в процесі фотосинтезу створюють органічну речовину у вигляді асимілятів – це перший процес.

Другий процес – дихання – забезпечує енергією різні біохімічні процеси синтезу.

Третій процес – ріст. Фотосинтез і ріст розглядаються як паралельні та сумісні процеси.

Найбільш елементарний чинник росту фітомаси – приріст ( $\Delta M$ ), який визначається як залишок між сухою фітомасою ( $M_1$  та  $M_2$ ) за визначений відрізок часу

$$\Delta M = M_2 - M_1 \quad (2.7)$$

Відзначають *абсолютну швидкість росту*

$$\Delta M / \Delta t = (M_2 - M_1) / (t_2 - t_1) \quad (2.8)$$

та відносний приріст

$$H_r = (M_2 - M_1) / [\bar{M} (t_2 - t_1)], \quad (2.9)$$

де  $\bar{M}$  – середня суха маса рослини за період  $t_2 - t_1$ .

Також використовується поняття *чиста продуктивність фотосинтезу* посівів, яка визначається як

$$E_{ч.п} = \frac{1}{L_o} \cdot \frac{\Delta M}{\Delta t}, \quad (2.10)$$

де  $\bar{L}_o$  – середня сумарна площа листя за період  $\Delta t$ .

Ефективність використання сонячної радіації рослинами характеризується *коефіцієнтами корисної дії* (ККД)

$$\eta = \frac{qY \cdot 100\%}{\sum Q_\phi}, \quad (2.11)$$

де  $\eta$  – ККД;

$q$  – калорійність рослин, кДж/г;

$Y$  – біологічний врожай загальної сухої фітомаси, г/м<sup>2</sup>;

$\sum Q_\phi$  – сума фотосинтетично активної радіації (ФАР) за вегетаційний період, МДж/м<sup>2</sup>.

Одночасно з визначенням ККД посіву по загальній сухій масі рослин можна визначити окремо ККД господарсько цінної частки врожаю за вегетаційний період

$$\eta_x = \frac{qM_x \cdot 100\%}{\sum Q_\phi}, \quad (2.12)$$

де  $M_x$  – суха фітомаса господарсько цінної частки врожаю.

Таким чином,  $\eta_x$  – це доля ФАР, яка накопичується впродовж вегетаційного періоду у фітомасі врожаю

$$\eta_x = \eta \cdot K_{госп}, \quad (2.13)$$

де  $K_{госп}$  – коефіцієнт господарської ефективності врожаю.

Для визначення калорійності рослин  $q$  (питомої теплоти згорання) використовуються різні способи. Х.Г.Тоомінгом встановлено, що питома теплота згорання знаходиться у межах 16,7–20,5 кДж/г. Значення  $q$  деяких ценозів наводяться у табл.2.1.



Таблиця 2.1 – Середня теплота згорання  $q$  біомаси деяких ценозів (за Н.Літом)

Фітоценоз	$q$ , кДж/г	Фітоценоз	$q$ , кДж/г
Ліси:			
вологі тропічні	17,2	Картопля (за Шатіловим)	18,4
вічнозелені	17,6	Картопля (за Тоомінгом)	17,2
літньозелені	19,3	Кукурудза (за Устенко)	18,0
змішані	19,7	Трави	19,7
Луки помірних зон	16,7	Гриби	
Посівні площі	17,2		

Величина  $q$  має сезонний хід. Наприклад, у картоплі вона змінюється від 15,9 кДж/г після появи бокових пагонів до 20,1 кДж/г в період цвітіння. Крім того, в екстремальних умовах  $q$  вище чим у сприятливих.

ККД рослин можна визначити як відносно падаючої так і відносно поглиненої радіації. У такому випадку

$$\eta_{пад} = a_n q_{погл}, \quad (2.13)$$

де  $\eta_{пад}$  – ККД, визначений відносно падаючої радіації,

а  $\eta_{погл}$  – ККД, визначений відносно поглиненої радіації;

$a_n$  – функція поглинання.

ККД посівів залежить від термінів сівби та норми висіву, від кількості внесених мінеральних добрив, погодних умов. ККД окремих культур протягом вегетаційного періоду дуже змінюється (наприклад, для кукурудзи – від 0,4% до 5,5%). Крім того, ККД посіву в цілому нижче ніж ККД листя. ККД деяких фітоценозів наводиться в табл. 2.2.

Таблиця 2.2– Коефіцієнт корисної дії деяких фітоценозів

Фітоценоз	ККД відносно падаючої радіації	Країна	Фітоценоз	ККД відносно поглиненої радіації	Країна
кукурудза	4,0-4,2	Росія	Жито	2,3	Польща
“-“	1,0-2,2	Японія	Рис	0,7-1,4	Японія
Соя	0,4-1,1	Японія	Ячмінь	1,1-4,8	Румунія
Рис	0,8-1,8	Японія	Бобби	0,2-0,5	Румунія
цукр.буряк	1,1-1,8	Японія	Соняшник	0,8-2,1	Румунія
Картопля	0,9	Польща	Люцерна	2,1	Японія

Продовження табл. 2.2.					
-“-	1,2	Росія	грязиця збірна	3,1	Японія
Жито	0,9	Польща	Плевел	3,0	Японія
Сорго	4,0	Туркменія	Конюшина	1,8	Японія
кукурудза	4,6	Росія	Кукурудза	2,5-5,2	Росія
-“-	1,7-2,6	Росія	пшениця ярова	8-10	Росія
-“-	1,2-2,8	Україна	пшениця озима	1,1-6,3	Україна
-“-	0,8-1,3	Болгарія	Ячмінь	2,6	Казахстан
Сорго	4,0-4,4	Таджикістан	-“-	4,0	Росія
Пшениця	1,7	Україна	Рис	2,5-4,4	Японія
-“-	2,1-2,2	Росія	Бавовна	3,4-3,6	Таджикістан
-“-	3,7-4,0	Росія	Віка	1,4	Таджикістан
-“-	3,7-4,0	Росія	Віка	1,4	Таджикістан
Жито озиме	2,2-4,7	Україна	Луг	0,4-0,8	Росія
цукр.буряк	2,1-2,8	Україна	Степ	2,9	Росія
Горох	2,3-4,7	Росія	Тугай	4,8	Таджикістан
Картопля	1,2	Росія			

За даними О.О.Ничипоровича [9] причинами зменшення ККД посівів є: недостатня площа листової поверхні, особливо на початку вегетації; поступове збільшення витрат на дихання фотосинтезуючих і не фотосинтезуючих органів рослин; старіння листя і зменшення активності його фотосинтезу; наявність всередині посіву листя, яке не адаптувалось до існуючих умов ФАР.

В середньому посіви за значеннями ККД розподіляються на групи: завжди спостерігаються – 0,5-1,5%; добрі – 1,5-3,0%; рекордні – 3,5-5,0%; теоретично можливі – 6,0-8,0% .

Значення ККД найчастіше використовується при розробці принципів максимального використання ФАР, програмуванні врожаїв сільсько-господарських культур та моделюванні продукційного процесу рослин.

*ККД* залежить від багатьох факторів і, перш за все, від площі листя.

Найбільші значення *ККД* спостерігаються при площі листя 40 – 50 тис.м<sup>2</sup> /га.

О.О. Ничипорович встановив, що згідно з першим принципом максимальної продуктивності фітоценози в природних умовах дають максимальну продуктивність та максимальний коефіцієнт корисної дії. Згідно з принципом максимальної продуктивності Тоомінгом Х.Г. запропонована система еталонних урожаїв, яка дозволяє глибше підходити до питань оцінки умов формування продуктивності агрофітоценозів.

Приріст потенційної врожайності за декаду визначається залежно від інтенсивності ФАР і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації

$$\frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t} = \alpha_\phi^j \frac{\eta \cdot Q_{\phi ap}^j \cdot dv^j}{q}, \quad (2.14)$$

де  $\frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t}$  – приріст потенційної врожайності за декаду;

$\alpha_\phi$  – онтогенетична крива фотосинтезу;

$\eta$  – ККД посівів;

$Q_{\phi ap}$  – інтенсивність ФАР;

$dv$  – кількість днів в розрахунковій декаді;

$q$  – калорійність;

$j$  – номер розрахункової декади.

Середня калорійність сухої біомаси різних видів змінюється в межах 16.7 – 20.5 кДж/г. Калорійність змінюється в онтогенезі і для окремих органів рослин вона різна.

Приріст метеорологічно можливої врожайності є приростом потенційної врожайності, який обмежується впливом режимів зволоження та температури.:

$$\frac{\Delta ММВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t} \cdot FTW2, \quad (2.15)$$

де  $\frac{\Delta ММВ^j}{\Delta t}$  – приріст метеорологічно можливої врожайності;

$FTW2$  – узагальнена функція впливу температурного режиму та режиму зволоження з корекцією на поєднання різних екстремальних умов.

Ця функція визначається за принципом Лібіха з урахуванням впливу температури повітря і умов зволоження на продуктивний процес.

Формування дійсно можливої врожайності обмежується рівнем природної родючості ґрунту

$$\frac{\Delta ДМВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ММВ^j}{\Delta t} \cdot B_{пл} \cdot F_{G_{um}}, \quad (2.16)$$

де  $\frac{\Delta ДМВ^j}{\Delta t}$  – приріст дійсно можливої врожайності;

$B_{пл}$  – бал ґрунтового бонітету.

Рівень господарської врожайності обмежується реальним рівнем культури землеробства і ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив

$$\frac{\Delta УВ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМВ^j}{\Delta t} \cdot k_{земл} \cdot FW_{ef}^j, \quad (2.17)$$

де  $\frac{\Delta UB^j}{\Delta t}$  – приріст врожайності у виробництві;

$K_{земл}$  – коефіцієнт, який характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності;

$FW_{ef}$  – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив залежно від умов забезпечення вологою декад вегетації. Визначається шляхом перемноження функції впливу вологості ґрунту на ефективність внесення добрив на функцію забезпечення посівів органічними та мінеральними добривами.

Важливим показником продуктивності посівів сільськогосподарських культур вважається коефіцієнт господарської ефективності урожаю, який відображає відношення кількості сухої фітомаси господарської частки урожаю (зерно, бульби, качани, плоди і т.д.) до маси загальної сухої фітомаси. Коефіцієнт господарської ефективності залежить від сорту сільськогосподарських культур та агрометеорологічних умов. За допомогою коефіцієнта господарської ефективності розраховуються агроекологічні категорії урожаю плодів при їх стандартній вологості

$$PB_{зерна} = PB \cdot K_{зосп} \cdot 1.14 \cdot 0.1 \quad (2.18)$$

$$MMB_{зерна} \quad (2.19)$$

$$DMB \quad (2.20)$$

$$UB_{зерна} = UB \cdot K_{зосп} \cdot 1.14 \cdot 0.1 \quad (2.21)$$

Для однієї і тієї ж культури коефіцієнт господарської ефективності може бути різним. При високій загальній продуктивності фотосинтезу і високому прирості загальної сухої фітомаси зниження  $K_{земл}$  обумовлено погіршенням умов  $\Phi AP$  в середині посіву при інтенсивному розвитку вегетативної маси рослин, великої висоти рослин і недостатній забезпеченості рослин поживними речовинами при високій вологості ґрунту [78].

Мінеральні елементи при подрібненому і диференціальному вживанні підвищують  $K_{земл}$  і якість урожаю [78]. Сумісне внесення азоту і фосфору, посилене фосфорне живлення, а також бор і марганець сприяють підвищенню, тоді як посилене азотне живлення і мідь знижують  $K_{земл}$  окремих культур. Аналіз дослідів з різними культурами дозволив зробити деякі узагальнюючі висновки:

1. В ході селекції врожай як загальної сухої фітомаси, так і зерна поступово підвищується, при цьому спостерігається тенденція до зростання  $K_{земл}$ ;

2. Показник  $K_{земл}$  зменшується при дуже низькому та досить високому накопиченню фітомаси, але при певній середній величині фітомаси він досягає найбільшого значення.

Таким чином, високий рівень накопичення загальної фітомаси, з одного боку, є базою для створення високого врожаю плодів, з іншого – часто веде до зниження коефіцієнта господарської ефективності посівів  $K_{земл}$ . Отже, рівень господарсько цінної частки врожаю не завжди пропорційний значенню  $KKД$ , розрахованому по загальній сухій фітомасі. Тому разом з  $KKД$  посіву, розрахованим по загальній сухій фітомасі, можна розраховувати окремо  $KKД$  господарсько цінної частки врожаю за вегетаційний період:

$$\eta_{хоз} = \frac{qm_{хоз}}{\sum Q_{\phi}}, \quad (2/22)$$

де  $m_{хоз}$  – суха фітомаса господарсько цінної частки врожаю;

$q$  – калорійність урожаю;

$\sum Q_{\phi}$  – сума  $\Phi AP$  за вегетаційний період.

Таким чином,  $\eta_{хоз}$  – це частка  $\Phi AP$ , яка накопичилась протягом вегетаційного періоду у фітомасі господарсько цінних органів рослин.  $KKД$ , розрахований за загальною сухою фітомасою і

$\eta_{хоз} = \frac{qm_{хоз}}{\sum Q_{\phi}}$  пов'язані співвідношенням:

$$\eta_{хоз} = \eta K_{хоз}. \quad (2.23)$$

Отже, щоб забезпечити високі значення  $KKД$  господарсько цінній частці врожаю, розведення нових сортів і всі агротехнічні прийоми повинні бути спрямовані на забезпечення високого показника  $K_{земл}$  при високому значенні  $KKД$  загальної фітомаси посіву.

Величина, яка показує частку плодів у загальній масі врожаю, знаходиться в залежності від розмірів загальної біомаси рослин, з урахуванням впливу температури повітря періоду вегетації на рівень цієї величини:

$$K_{\delta i \zeta} = \left[ -0.43 + 6.702 \cdot 10^{-4} \cdot \dot{I}_{\dot{a} \dot{u}} - 4.171 \cdot 10^{-7} (\dot{I}_{\dot{a} \dot{u}})^2 + \right. \\ \left. + 8.889 \cdot 10^{-11} \cdot (\dot{I}_{\dot{a} \dot{u}})^3 \right] \cdot t_{K_{\delta i \zeta}} \quad (2.24)$$

$$t_{K_{\text{хоз}}} = -4.648 + 0.536 \cdot \overline{t_{B.II.}} - 0.13(\overline{t_{B.II.}})^2, \quad (2.25)$$

де  $t_{K_{\text{хоз}}}$  – функція впливу температури повітря на рівень ;

$\overline{t_{B.II.}}$  – середня за період вегетації температура повітря.

Формули (2.14 – 2.25) дозволяють визначити різні агроекологічні категорії врожайності різних культур

## 2.1.2 Практична частина

### Задача 2.1.

1) За даними тривалості сонячного сйва і відносної площі листя озимої пшениці (табл.2.3) розрахувати інтенсивність ФАР у посіві за кожен день декади. Спочатку розраховується сумарна радіація за формулою (2.4). Потім розраховується ФАР на верхній межі посіву ( $Q_o$ ) за формулою (2.5).

Таблиця 2.3 – Розрахунок інтенсивності ФАР на полі з озимою пшеницею (за декаду)

*Квітень, 2 декада,  
ст. Сербка*

Дата	$L$ , $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$	$SS$ , год.	$Q$ , $\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot$ $\text{доб}^{-1}$	$\delta$ , град	$\tau_d$ , год.	$Q_o$ , $\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot$ $\text{хв}^{-1}$	$Q_{\text{фар}}$ , $\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot$ $\text{хв}^{-1}$
11.05	0,83	5,8		0,316	14,0		
12.05	0,86	12,0		0,330	14,1		
13.05	0,91	13,3		0,323	14,2		
14.05	0,97	3,8		0,328	14,5		
15.05	1,00	3,5		0,332	14,7		
16.05	1,05	9,5		0,336	15,0		
17.05	1,06	5,7		0,338	15,1		
18.05	1,09	7,5		0,342	15,2		
19.05	1,12	7,7		0,346	15,2		
20.05	1,16	13,4		0,350	15,3		

Дані для обчислення:  $A = 0,73^0$   $0,006=0,004$   $B=0,68$   $l=0,68$   $\sin h_o=0,684$

2) **Задача 2.2.** Розрахувати  $KKД$  кукурудзи в період листоутворення, якщо:  $q = 17,6$  кДж/г;  $U = 0,286$  г/см<sup>2</sup>;  $Q = 464,6$  МДж/м<sup>2</sup>.

3) **Задача 2.3.** Розрахувати чисту продуктивність фотосинтезу за декаду якщо маса рослин на початку декади становила 232 г/м<sup>2</sup>, наприкінці декади - 246 г/м<sup>2</sup>, площа листя відповідно 3,9 та 5,9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, кількість днів у декаді 10.

**Задача 2.4.** Використовуючи модель А.М. Польового за програмою для ПЕОМ виконати розрахунки фотосинтезу рослинного покриву, використовуючи дані:

1 – опис географічного пункту: географічну широту пункту в градусах з десятими ( $\Psi$ );

2 -значення найменшої вологомісткості напівметрового шару ґрунту ( $W_{нв}$ );

3 - фенологічні дані поточного року: дати настання фаз розвитку озимої пшениці – дата відновлення вегетації (N1), порядковий номер місяця, коли настала дата відновлення вегетації (N2): 1- березень, 2 – квітень;, кількість розрахункових декад ( $n$ ) та кількість днів у кожній розрахунковій декаді ( $dv$ ), кількість днів від 21 березня до відновлення вегетації ( $t_{об}$ ), середня за декаду температура повітря ( $t_s$ ), середня за декаду кількість годин сонячного сяйва ( $ss$ ), запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см ( $W(0)$ ).

3 – параметри моделі для розрахунку: біологічний нуль культури ( $T_0$ ), сума ефективних температур за період вегетації ( $\sum t_{еф}$ ), сума ефективних температур від відновлення вегетації до дкоłosіння; ( $\sum t_{max1}$ ), сума ефективних температур від відновлення вегетації до цвітіння ( $\sum t_{max2}$ ), максимальна площа листя ( $LAI_{max}$ ) інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні ( $k$ ), початковий нахил світлової кривої ( $b$ ), найменша вологомісткість метрового шару ґрунту ( $W_{нв}$ ), оптимальна температура фотосинтезу ( $t_{opt}^{\phi}$ ).

Для розрахунків на ПЕОМ створюється файл даних, імя файла «Foto 10.dat»

Вхідна інформація вводиться в програму для розрахунку.

Вхідна інформація вводиться у такому порядку:

- 1 рядок складається з чотирьох чисел: 1- назва пункту спостережень пишеться буквами, починаючи з другої позиції; 2 – рік проведення розрахунків, пишеться дві останні цифри року через одну позицію після назви пункту; 3 – дата розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після року; 4 - місяць розрахунку, пишеться через одну позицію після дати. (приклад запису першого рядка: Херсон 04 20.6)

- 2 рядок складається з п'яти чисел:  $n$ - кількість розрахункових декад, ціле число записується в трьох позиціях;  $t_{об}$  - кількість днів від 21 березня до відновлення вегетації, число ціле записується у трьох позиціях; N1 - дата відновлення вегетації, ціле число в трьох позиціях; N2 - місяць відновлення вегетації, пишеться арабськими цифрами, ціле число, в трьох позиціях;  $\Psi$ - географічна широта пункту спостережень, хвилини виражені в частках градуса. Десятиричне число в шести позиціях, з двома знаками після коми (приклад запису другого рядка: 12 54 13 3 47.40).

- 3 рядок :  $W(0)$  – масив запасів продуктивної вологи в напівметровому шарі ґрунту, число ціле, в шести позиціях з одним знаком після коми ( *приклад запису третього рядка* :

110.0 90.0 80.0 71.0 66.0. 61.0 55.0 50.0 45.0  
50.0 47.0)

- четвертий рядок:  $t_s$  - масив середніх за декаду температур повітря, число в шести позиціях з одним знаком після коми ( *приклад запису четвертого рядка*: 15.9 17.5 18.4 19.6 20.1 21.2 22.3 22.5 22.2 21.3  
20.5 19.6);

- 5 рядок –  $ss$  – масив кількості годин сонячного сяйва в розрахункових декадах ( в середньому за один день декади), число в шести позиціях з одним знаком після коми ( *приклад запису п'ятого рядка*:

9.8 9.1 9.5 9.9 15.2 15.5 10.8 10.6 10.4 10.2  
10.6 9.3).

- шостий рядок :  $dv$  – масив кількості днів в розрахункових декадах, число ціле в трьох позиціях ( *приклад запису шостого рядка*:  
8 11 10 10 10 10 10 11 10 10 10 10).

- сьомий рядок: інформаційний масив ( масив  $inf$ ) містить дев'ять чисел, кожне число кодується у восьми позиціях з двома знаками після коми: ( *приклад запису*:

05.00 1800.00 0600.00 0800.00 05.00 030.00 0400.00 0100.00 0020.00).

$inf(1)$  –  $T_0$  – біологічний ноль культури;

$inf(2)$  -  $\sum t_{ef}$  - сума ефективних температур за період вегетації;

$inf(3)$  -  $\sum t_{max1}$ , сума ефективних температур від відновлення вегетації до колосіння;

$inf(4)$  -  $\sum t_{max2}$ , сума ефективних температур від відновлення вегетації до цвітіння;

$inf(5)$  -  $LAI_{max}$  – максимальна площа листя;

$inf(6)$  –  $\kappa$  – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні та нормальній концентрації;

$inf(7)$  –  $b$  – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу;

$inf(8)$  -  $W_{нв}$  – найменша волого місткість метрового шару ґрунту;

$inf(9)$  -  $t_{opt}^{\phi}$  – оптимальна температура процесу фотосинтезу

Загальний вигляд вхідної інформації:

Херсон 04 20.6

12 54 13 3 47.40

110.0 90.0 80.0 71.0 66.0. 61.0 55.0 50.0 45.0

50.0 47.0

15.9 17.5 18.4 19.6 20.1 21.2 22.3 22.5 22.2 21.3

20.5 19.6

9.8 9.1 9.5 9.9 15.2 15.5 10.8 10.6 10.4 10.2

10.6 9.3

8 11 10 10 10 10 10 11 10 10 10 10



05.00 1800.00 0600.00 0800.00 05.00 030.00 0400.00 0100.00 0020.00

Після введення даних, виконуються розрахунки, результати розрахунків подаються у вигляді таблиць у файлі «Foto 10.res»

За даними цих таблиць побудувати графіки: 1) динаміки інтенсивності ФАР над посівом; 2) динаміки інтенсивності ФАР в посіві; 3) динаміку площі листя; динаміку інтенсивності фотосинтезу в польових умовах; та динаміку приросту загальної маси посіву озимої пшениці за декаду.

### **ТЕМА 3. ОЦІНКА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ВРОЖАЇВ РІЗНОГО РІВНЯ**

#### **3.1 Модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування урожаю**

Згідно з першим принципом – максимальної продуктивності – рослини та фітоценози в природних умовах мають максимальну в існуючих умовах продуктивність, а також максимальний коефіцієнт корисної дії (ККД) використання фотосинтетичної активної радіації (ФАР). Згідно з другим принципом – відповідні умови – максимальна продуктивність і висока врожайність забезпечуються шляхом створення умов, які задовольняють потреби рослин. Принцип відповідності умов реалізується антропогенним впливом []:

- 1) зміна умов навколишнього середовища відповідно до потреб сільськогосподарських культур реалізується шляхом використання відповідних агротехнічних заходів;
- 2) досягнення кращої відповідності біологічних властивостей рослин умовам навколишнього середовища за допомогою селекції;
- 3) розміщення сільськогосподарських культур, їх окремих сортів та гібридів відповідно до ґрунтово-кліматичних умов та з урахуванням мікрокліматичних особливостей території;
- 4) цілеспрямований і обґрунтований захист рослин від хвороб і шкідників.

Запропонована Тоомінгом Х.Г. система еталонних урожаїв дозволяє значно глибше підходити до вирішення питань оцінки відповідності кліматичних ресурсів біологічним вимогам різних сільськогосподарських культур. Цей принцип знайшов широке використання [ ].

На основі концепції максимальної продуктивності Тоомінга Х. Р. [] і результатів моделювання формування урожаю, отриманих в роботах А.М. Польового [], була розроблена модель оцінки агрокліматичних умов формування урожаю овочевих культур, яка призначена для оцінки продуктивності клімату України. Для більш детальної оцінки агрокліматичних умов за крок моделі взято декаду [].

Модель має блокову структуру і містить шість блоків (рис. 4.1):

- блок вхідної інформації; блок показників сонячної радіації і волого – температурного режиму; блок функції впливу фази розвитку і метеорологічних чинників на продуктивний процес рослин; блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням; блок агроекологічних категорій врожайності; блок узагальнених оцінкових характеристик.

- 

### 3.1.1 Блок вхідної інформації

Цей блок вміщує дані стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень та включає всі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони діляться на дві групи:

- перша група: середня за декаду температура повітря, °С; сума опадів за декаду, мм; середня за декаду загальна хмарність, бал; середня за декаду відносна вологість повітря, %; кількість днів у розрахунковій декаді;



Рис. 3.1 – Блок – схема базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів

- друга група: відомості про внесення доз азотних, фосфорних і калійних добрив, кг/га; дані про оптимальні дози цих добрив, кг/га; дані про внесення органічних добрив і їх оптимальну дозу, т/га; про рік внесення органічних добрив; бали ґрунтового бонітету.

### 3.1.2 Блок показників сонячної радіації і волого - температурного режиму

Для розрахунку інтенсивної сумарної сонячної радіації використовується формула Берлянд Т.Г. [95]

$$Q_0^j = Q_{\max}^j \cdot (1 - 0.38 \cdot (1 + N) \cdot N), \quad (3.1)$$

де  $Q_0^j$  - сумарна сонячна радіація, що надходить на горизонтальну поверхню, кал/(см<sup>2</sup>·д);

$Q_{\max}$  - максимально можлива сумарна сонячна радіація, кал/(см<sup>2</sup>·д);

$N$  - середня за декаду загальна хмарність;

$j$  - номер розрахункової декади.

Для розрахунку випаровуваності ( $E_0$ ) була використана формула Алпатьєва А. М. []

$$E_0^j = 0.65 \cdot \Delta W W^j \cdot d\nu^j \cdot 0.75, \quad (3.2)$$

де  $\Delta W W$  - середній за декаду дефіцит насичення повітря;

$d\nu$  - кількість днів в розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко []

$$E^j = \frac{2W^j + O_s^j + P_{\text{нор}}^j}{1 + \frac{W_{\text{HB}}}{E_0^j}}, \quad (3.3)$$

де  $E$  - сумарне випаровування, мм;

$P_{\text{нор}}$  - норма вегетаційних поливів, м<sup>3</sup>/га;

$W_{\text{HB}}$  - найменша вологомісткість в шарі ґрунту 0-100см, мм;

$O_s$  - сума опадів за декаду, мм;

$W$  - запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-100 см.

За допомогою співвідношення розраховується інфільтрація в нижні шари ґрунту:

$$F_{\text{ilt}}^j = W^j + O_s^j + P_{\text{нор}}^j - E^j - W_{\text{HB}}, \quad (3.4)$$

де  $F_{ilt}$  – інфільтрація в нижні шари ґрунту за декаду, мм.

Розрахунок запасів продуктивної вологи виконується за рівнянням водного балансу

$$W^{j+1} = W^j + O_s^j + P_{nor}^j - E^j - F_{ilt}^j, \quad (3.5)$$

### 3.1.3 Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних чинників на продуктивний процес рослин

В основі продуктивного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність обумовлюється фазою розвитку рослин і умовами навколишнього середовища.

Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу скористаємося формулою

$$\alpha_\phi^j = \exp \left[ -\alpha_\phi \cdot \left( \frac{TS_2 - \sum t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (3.6)$$

в якій величина  $\alpha_\phi$  визначається з виразу

$$\alpha_\phi = \frac{-100(1n)\alpha_\phi^0}{(\sum t_1)^2}, \quad (3.7)$$

де  $\alpha_\phi$  – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

$\alpha_\phi^0$  – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

$\sum t_1$  – сума ефективних температур від висаджування розсади в ґрунт, за якої спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин °С;

$TS_2$  – сума ефективних температур, °С.

Функція впливу температури повітря на продуктивний процес визначається за допомогою такої процедури. Температурна крива фотосинтезу визначається з формули

$$\Psi_\delta = \begin{cases} 1.37 \cdot \sin(0.077 \cdot x_1^j), \text{ ідè } (t^j - t_0) < t_{opt1}^j \\ 1, \text{ ідè } t_{opt1}^j \leq (t^j - t_0) \leq t_{opt2}^j \\ 1.13 \cdot \cos(1.570 \cdot x_2^j), \text{ ідè } (t^j - t_0) > t_{opt2}^j \end{cases}, \quad (3.8)$$

де  $\Psi_\phi$  – температурна крива фотосинтезу;

$t$  – середня за декаду температура повітря;

$t_0$  – середня за декаду температура повітря, при якій починається фотосинтез;

$t_{opt1}$  – нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу;

$t_{opt2}$  – верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу.

$$x_1^j = (t_x^j - t_0) / (t_{opt1}^j - t_0), \quad (3.9)$$

$$x_2^j = (t_x^j - t_{opt2}^j) / (t_{max}^j - t_{opt2}^j), \quad (3.10)$$

де  $t_{max}$  – середня за декаду температура повітря, при якій припиняється фотосинтез;

$t_x$  – температура повітря.

Значення нижньої і верхньої меж температурного оптимуму для фотосинтезу визначаються з формул

$$t_{opt1}^j = 15.40 + 20.93x_3^j - 20.09(x_3^j)^2 \quad (3.11)$$

$$t_{opt2}^j = 18.49 + 18.53x_3^j - 17.52(x_3^j)^2 \quad (3.12)$$

$$x_3^j = \frac{t^j}{\sum t_{req}}, \quad (3.13)$$

де  $\sum t_{req}$  – сума температур, необхідна для дозрівання рослин.

Функція впливу температури повітря на фотосинтез  $\Psi$  змінюється від 0 до 1.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез ( $\gamma_\phi$ ) визначається за формулою

$$\gamma_\phi = \begin{cases} -1.163 \cdot (x_3^j)^2 + 2.187 \cdot x_3^j, \\ \text{при } W^j < W_{opt1}^j, 1, \text{ при } W_{opt1}^j \leq W^j \leq W_{opt2}^j, \\ -0.654 + 3.824 \cdot x_4^j - 2.633 \cdot (x_4^j)^2 + 0.467 \cdot (x_4^j)^3, \\ \text{при } W^j > W_{opt2}^j \end{cases} \quad (3.14)$$

де  $W^j$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту;

$W_{opt1}$  – нижня межа оптимальних запасів вологи;

$W_{opt2}$  – верхня межа оптимальних запасів вологи.

$$x_3^j = W^j / W_{opt1}^j, \quad (3.15)$$

$$x_4^j = W^j / W_{opt2}^j . \quad (3.16)$$

Функція впливу вологозабезпеченості посівів визначається як поєднання двох функцій. Враховувалася функція впливу вологості ґрунту на продуктивність рослин і відношення сумарного випаровування посівів до випаровуваності

$$FM = \left( \gamma_{\delta}^j \cdot \frac{E^j}{E_0} \right)^{0.5} , \quad (3.17)$$

де  $FM$  – відносна вологозабезпеченість посівів.

### 3.1.4. Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням

Родючість ґрунту характеризується наявністю в ньому гумусу, яка залежить від міри впливу ерозії ґрунту

$$G_{um} = k_{er}^G \cdot G_{um} , \quad (3.18)$$

$$F_{G_{um}} = \frac{G_{um}}{G_{um_{opt}}} , \quad (3.19)$$

де  $G_{um}$  – наявність гумусу в ґрунті %;

$G_{um}$  – наявність гумусу в ґрунті на схилах, з урахуванням ерозії %;

$k_{er}^G$  – функція впливу ерозії ґрунту на наявність гумусу, відн.од;

$G_{um_{opt}}$  – оптимальна для культури кількість гумусу в ґрунті, %.

Функція впливу наявності гумусу в ґрунті визначається аналогічно за формулою, запропонованою в [] для розрахунку забезпеченості елементами мінерального живлення

$$FM_{G_{um}} = (F_{G_{um}})^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_{G_{um}})] , \quad (3.20)$$

де  $FM_{G_{um}}$  – функція впливу наявності гумусу в ґрунті на формування урожаю, змінюється від 0 до 1.

Значення функцій оптимального азотного, фосфорного і калійного живлення розраховується за методом Образцова А. С. [] з деякими модифікаціями

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}} , \quad (3.21)$$

$$FM_N^j = \left\{ (F_N)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j , \quad (3.22)$$

$$F_p = \frac{P_m}{P_{opt}}, \quad (3.23)$$

$$FM_p^j = \left\{ (F_p)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_p)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (3.24)$$

$$F_K = \frac{K_m}{K_{opt}}, \quad (3.25)$$

$$FM_K^j = \left\{ (F_K)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_K)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (3.26)$$

де,  $P_m, K_m$  – доза мінеральних (азотних, фосфорних і калійних) добрив, що вносяться, кг/га;

$N_{opt}, K_{opt}$  – оптимальна доза азотних, фосфорних і калійних добрив, необхідна для отримання максимального урожаю, кг/га;

$FM_N, FM_K$  – функція впливу забезпеченості азотом, фосфором і калієм, відн. од., змінюється від 0 до 1.

Далі враховується вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність добрив

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1, \text{при } W^j / W_{opt}^j \geq 0.85 \\ 0.8, \text{при } 0.70 < W^j / W_{opt}^j < 0.85 \\ 0.6, \text{при } W^j / W_{opt}^j \leq 0.70 \end{cases}, \quad (3.27)$$

де  $k_{ef}^j$  – коефіцієнт ефективності добрив залежно від вологості ґрунту, відн.од.

Визначається співвідношення дози органічних добрив до їх оптимальної величини і розраховується функція впливу внесення органічних добрив з урахуванням року внесення добрив

$$F_{O_{rg}} = \frac{O_{rg}}{O_{rg_{opt}}}, \quad (3.29)$$

$$FW_{O_{rg}}^j = \left\{ (F_{O_{rg}})^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_{O_{rg}})] \right\} \cdot k_{ef}^j \cdot k_{O_{rg}}^g, \quad (3.30)$$

де  $FW_{O_{rg}}$  – функція впливу внесення органічних добрив на урожай, відн.од.;  $FW_{O_{rg}}$  змінюється від 0 до 1.

$O_{rg}$  – внесена доза органічних добрив, т/га;

$O_{rg}$  – оптимальна для культури доза внесення органічних добрив, т/га;

$k_{O_{rg}}^g$  – коефіцієнт впливу року внесення органічних добрив, відн. од.

Узагальнена функція впливу родючості ґрунту і внесення мінеральних і органічних добрив розраховується за принципом Лібіха

$$FW_{ef}^j = \min \{FW_{O_{rg}}^j, FN_N^j, FW_P^j FW_k^j\}, \quad (3.31)$$

де  $FW_{ef}$  – функція впливу ефективної родючості на урожай, відн.од., змінюється від 0 до 1.

### 3.1.5 Блок агроекологічних категорій врожайності

Агроекологічні категорії врожайності описані у розділі 2.1.

### 3.1.6 Блок узагальнених оцінкових характеристик

Аналіз різноманітних агроекологічних категорій врожайності (*ПВ*, *ММВ*, *ДМВ*, *УВ*), а також їх співвідношень і відмінностей дозволяє оцінювати природні і антропогенні ресурси сільського господарства, а також ефективність господарського використання цих ресурсів.

Для цього існують п'ять узагальнених характеристик:

1. Ступінь сприятливості метеорологічних умов обробітку культури характеризує співвідношення *ММВ* і *ПВ*

2.

$$K_m = ММВ/ПВ \quad , \quad (3.32)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт сприятливості метеорологічних умов, відн. од.

$$K_p = ДМВ/ММВ \quad , \quad (3.33)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн. од.

$$K_{ap} = УВ/ММВ \quad , \quad (3.34)$$

де  $K_{ap}$  – коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.



$$K_{\text{земл}} = UB/DMB, \quad (3.35)$$

де  $K_{\text{земл}}$  – коефіцієнт ефективності використання фактичних агрометеорологічних і ґрунтових умов, характеризує рівень культури землеробства, відн. од.

$$K_{\text{агро}} = UB/ПВ, \quad (3.36)$$

де  $K_{\text{агро}}$  – коефіцієнт реалізації агроекологічного потенціалу, відн. од.

Підвищення рівня  $UB$  і доведення його до  $DMB$  потребує ретельного дотримання всіх засобів агротехніки, виконання їх у цілковитій відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це - першочергова задача програмування урожаїв, яка спрямована на усунення лімітуючої дії різноманітних господарських чинників. Наближення  $DMB$  до  $MMB$  вимагає роботи щодо підвищення родючості ґрунту. Різниця між  $MMB$  і  $ПВ$  компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також як результат правильного підбору сортів і культур, які краще були пристосовані до особливостей конкретного клімату. Підвищення рівня  $ПВ$  забезпечується, головним чином, шляхом селекції нових сортів, які матимуть більш високий рівень врожайності за рахунок більш ефективного використання сонячної радіації.

## 3.2 Практична частина

**Завдання 3.1.** Використовуючи модель А.М. Польового для розрахунку агроекологічних категорій врожаїв різного рівня за даними , та програму для ПЕОМ розрахувати всі агроекологічні категорії врожаїв: ПУ, ММУ, ДВУ, UB та всі оцінки умов формування врожаїв. Для розрахунку створюється файл “Foto 20.dat”. Файл готується в тому ж порядку, що і в завданні 4.

Вхідна інформація.

## ТЕМА 4 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ТА МІНЕРАЛЬНЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

### 4.1 Теоретична частина

*Агротехніка* – це технологія землеробства, система засобів обробітку сільськогосподарських культур. Вона включає в себе такі головні заходи: обробіток ґрунту, внесення добрив, підготовку насіння до сівби, визначення оптимальних норм сівби, сівбу та посадку, догляд за посівами, збирання врожаю. До агротехніки відносять також снігозатримання, боротьбу з бур'янами, хворобами і шкідниками сільськогосподарських рослин та інші роботи.

Однією з умов досягнення високої інтенсивності сільськогосподарського виробництва є забезпечення ґрунту необхідною кількістю поживних речовин.

Ефективність добрив визначається складним комплексом умов: родючістю ґрунту, біологічними особливостями сільськогосподарських культур, їх сортів та гібридів, агротехнікою, засобами, термінами, кількістю та якістю внесених добрив, кліматичними та погодними умовами.

З агрометеорологічного боку умови погоди впливають як на кількість доступних речовин у ґрунті, так і на дію добрив на рослини. До агрометеорологічних факторів, які визначають ефективність добрив, відносять рівень світлового живлення рослин, температуру та вологість повітря і ґрунту.

Згідно з Ф.М.Куперман продуктивність рослин є функцією відповідності рівнів світлового та мінерального живлення [23]. Чим більше рівень світлового живлення, тим більше при нормальному забезпеченні вологою синтезується вуглеводів у рослинах та тим більше азоту вони спроможні вживати. Світло впливає на азотне живлення не тільки через фотосинтетичні процеси, але й через транспірацію. В свою чергу транспірація, яка істотно впливає на транспортування рухомих мінеральних речовин, крім сонячної радіації, визначається вологістю та температурою повітря. При підвищенні вологості повітря рослини менш чутливі до зростання концентрації поживного розчину.

Температурний режим визначає накопичення рухомих речовин у ґрунті. Температура впливає на швидкість руху води та сольових розчинів, тобто на темпи надходження поживних речовин в рослини з ґрунту. За невеликих температур (8-10<sup>0</sup>С) зменшується надходження азоту в коріння та пересування його в надземні органи, послаблюється редукція поглинених нітратів та використання азоту на утворення органічних сполучень. За більш низьких температур (5-6<sup>0</sup>С та нижче) поглинення корінням азоту та фосфору різко знижується []. Оптимальна температура

для надходження азоту та фосфору в рослини знаходиться в межах 23-25°C.

Зростання дефіциту насичення повітря на 1 мбар у травні викликає зниження ефективності добрив у середньому на 0,4 ц/га.

Рівень забезпечення вологою ґрунту впливає на доступ поживних речовин у ґрунті, на використання їх рослинами. При значному дефіциті води у ґрунті добрива не дають позитивного ефекту і можуть негативно впливати на формування врожаю.

В кліматичному аспекті зменшення кількості опадів за рік від північних районів Європейської території СНД до південних на 100 мм викликає зменшення ефективності помірних доз добрив в середньому на 1,1 ц/га зерна, а для озимих культур в цілому на 1,0 ц/га. Зниження запасів продуктивної ґрунтової вологи за період вегетації зернових культур на 10 мм впливає на зменшення ефективності добрив в середньому на 0,1 - 0,3 ц/га.

Надмірне зволоження порушує волого-повітряний режим ґрунту й тому знижує процес нітрифікації, зменшує надходження в рослини азоту та внесених добрив, сприяє накопиченню токсичних речовин.

Принципова схема зв'язку ефективності добрив з вологістю ґрунту та його середньою об'ємною вагою представлена на *рис.5.1*.

Параметри структури та щільності ґрунту досить добре відображають умови життя рослин: комплекс фізико-хімічних властивостей ґрунту, доступність вологи, газообмін та біологічні процеси. Ефективність добрив відчутно збільшується із зростанням вологості до 90% найменшої вологоємності (НВ) в ґрунті менш щільного складу ( $Q = 1,2 - 1,3 \text{ г/см}^3$ ) й до 80% найменшої вологоємності на більш щільному ґрунті. Подальше зростання вологості ґрунту до 100-130% НВ приводить до незначного зниження ефективності у нещільному мінеральному ґрунті та різке – у підзолистому ґрунті.

Зв'язок ефективності добрив для зернових культур з вологозапасами ґрунту має параболічний характер (*рис.5.2*).

Найбільша ефективність добрив відзначається при вологозапасах ґрунту в середньому 80-90% НВ. Нижчий чи вищий рівень зволоження зменшує ефективність добрив.

Внесення різних доз азотних добрив впливає не тільки на збільшення абсолютної маси, але й на вміст білка у зерні. Вміст білка в зерні із зростанням дози азотних добрив зростає в усі роки. Найбільший вміст білка спостерігається в сухі роки.

У табл.4.1 наводиться ефективність добрив у зв'язку з умовами зволоження травня-липня [].

Правильне застосування добрив послаблює вплив несприятливих погодних умов на врожай. Застосування добрив зменшує також негативний

вплив на врожай низьких температур, приморозків та інших несприятливих метеорологічних явищ.

Добрива підвищують стійкість озимих культур до несприятливих умов зимівлі. Рослини розвивають більш міцну кореневу систему, більше накопичують сухих речовин, цукру та інших органічних сполучень, які ослабляють дію несприятливих метеорологічних умов зимового періоду.

Таблиця 4.1 – Середня ефективність *НРК* для нечорноземної зони у зв'язку з умовами травня - липня

Зволоження	Середня кількість опадів, мм		Середній дефіцит насичення повітря, мб		Середній приріст врожаю від <i>НРК</i> , ц/га					
	за найбільш				озима пшениця		озиме жито		ранні ярі колосові	
	вологий місяць	сухий місяць	вологий місяць	сухий місяць	суглинк	и супіски	суглинк	и супіски	суглинк	и супіски
	місяць	місяць	місяць	місяць	и	супіски	и	супіски	и	супіски
нормальне	80	40	5,6	6,8	8,7	8,1	7,9	7,6	8,3	7,2
недостатнє	75	20	6,2	8,7	4,4	-	4,1	5,0	4,1	4,1
надмірне	125	50	5,2	6,2	5,2	9,7	5,2	5,9	6,0	7,0

За дослідями О.І.Коровіна [ ] оцінка ефективності добрив як функції метеорологічних факторів та окремих агрохімічних властивостей ґрунту може бути виконана на базі таких рівнянь регресії:

1) середня ефективність помірних доз добрив для озимих зернових культур

$$\Delta y = 0,0142P + 1,835Q - 0,46d - 1,407; R = 0,83; S_y = \pm 1,13 \text{ ц/га} \quad (4.1)$$

2) середня ефективність помірних доз добрив для ярих зернових культур

$$\Delta y = 0,0047P + 0,0065Q + 1,0W/НВ - 0,24t - 0,00083\sum t + 7,71, \quad (4.2)$$

де  $\Delta y$  – середня багаторічна ефективність добрив, ц/га;

$P$  – кількість опадів, мм;

$W$  – середні за вегетаційний період запаси вологи у ґрунті, мм;

$d$  – середній дефіцит насичення повітря за вегетаційний період, мб;

$t$  – середня температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Sigma t$  – сума негативних температур повітря за зиму,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$Q$  – об'ємна вага метрового шару ґрунту,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Ефективність добрив та континентальність клімату. Було встановлено, що при просуванні на південний схід та схід в межах Європейської частини СНД у зв'язку з посиленням континентальності клімату ефективність добрив зменшується.

В кліматології континентальність клімату розглядається як сукупність характерних особливостей клімату, які формуються під впливом материка. До цих особливостей відносяться: зростання у порівнянні з океанічними районами річних та добових амплітуд температур і відносної вологості повітря, зменшення опадів при збільшенні їх нерівномірності, зменшення відносної вологості повітря та хмарності влітку та вдень, зменшення швидкості вітру та ін.

Кількісно континентальність клімату характеризується величинами річної амплітуди температури повітря, повторністю вторгнення континентальних і морських повітряних мас та іншими показниками.

Частіше для розрахунку показника континентальності клімату використовується вираз

$$\kappa = \frac{A_q - 5,4 \sin \varphi}{A_q} \quad (\text{за С.П.Хромовим}) \quad (4.3)$$

або

$$\kappa = \frac{A_q + A_q + 0,25d_o}{0,36\varphi + 14} \quad (\text{за М.М.Івановим}), \quad (4.4)$$

де  $A_q$  – річна амплітуда температури,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$A_q$  – добова амплітуда температури,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$d_o$  – нестача насичення вологості повітря у найсухіший місяць, мб;

$\varphi$  – широта місцевості.

Зв'язок ефективності добрив з континентальністю клімату для Європейської частини СНД має вигляд

$$\Delta y = 0,0036 P_{\text{IV-X}} + 0,02 P_{\text{XI-III}} + 0,055(W/\text{НВ}) + 6,29 e_{\text{V-VII}} + 0,217 e_{\text{V-VII}}^2 + 46,48 KL + 0,099 V - 0,059 S - 0,061 P_o N + 76,04; \quad (4.5)$$

$$R = 0,87; S_y = \pm 1,24 \text{ ц/га},$$

де  $\Delta y$  – середня багаторічна ефективність добрив під

зерновими культурами, ц/га;  
 $P$  – кількість опадів у різні періоди року, мм;  
 $W/HB$  – відношення середніх за вегетаційний період запасів продуктивної вологи до найменшої вологості ґрунту, %;  
 $e$  – абсолютна вологість повітря, мб;  
 $V$  – міра насиченості ґрунту основами, %;  
 $S$  – сума поглинених основ, (мг на 100 г);  
 $KL$  – вміст калію в ґрунті, (мг на 100 г);  
 $P_oN$  – вміст рухомого фосфору в ґрунті (мг на 100 г).

Для Нечорноземної зони коефіцієнт континентальності клімату становить 0,800-0,830, для чорноземної зони – 0,840-0,880.

#### 4.2 Практична частина

**Завдання:** Розрахувати середню ефективність добрив для зернових культур: озимої пшениці, ярого ячменю на ст.Одеса:

а) *Озима пшениця* : сівба - 14.IX; сходи - 28.IX; 3-й лист - 8.X; кущіння - 17.X; припинення вегетації - 20.XI; відновлення вегетації - 26.III; вихід в трубку - 23.IV; колосіння - 25.V; цвітіння - 1.IV; молочна стиглість - 16.VI; воскова стиглість - 28.VI; повна - 2.VII.

Сума опадів за рік ( $P_{рік}$ ) становить 350мм. Сума опадів за вегетаційний період ( $P_{IV-X}$ ) – 267мм;  $P_{XI-III}$  – 150мм. Об'ємна вага метрового шару ґрунту ( $Q$ ) – 15,1 г/см<sup>3</sup>. Найменша вологомісткість (HB) – 160,3 мм.

Середня багаторічна дата сівби озимої пшениці припадає на 14 вересня; дата повної стиглості – на 2 липня. Дати припинення вегетації – 29 листопада, відновлення вегетації – 26 березня.

Середній дефіцит насичення повітря за вегетаційний період ( $d$ ) складає 6,9мб. Запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту ( $W_{0-100}$ ) становлять за вегетаційний період 93,3 мм.

Середня температура повітря з травня до липня ( $t$ ) складає 18,7<sup>0</sup>С, сума негативних температур за зиму ( $\Sigma t$ ) – 197,3<sup>0</sup>С.

Ефективність добрив розраховується за рівнянням (4.1).

б) *Ячмінь* : сівба - 28.III; сходи - 15.IV; 3-й лист – 24.IV; кущіння - 1.V; вихід в трубку - 15.V; колосіння - 5.VI; цвітіння - 12.VI; молочна стиглість - 22.VI; воскова стиглість - 2.VII.

Розрахунки виконуються за формулою (4.5).

## Контрольні питання

1. Чим пояснюється мінливість врожаїв сільськогосподарських культур?
2. Що називається лінією тренду?
3. Як розраховується лінія тренду?
4. Яка із складових величин урожаю характеризує культуру землеробства?
5. Як розраховується коефіцієнт варіації кліматичної складової урожаю?
6. Із яких видів радіації складається сумарна радіація?
7. Що називається фотосинтетично активною радіацією?
8. Які фактори навколишнього середовища впливають на інтенсивність фотосинтезу?
9. Як розраховується ФАР на верхній межі посіву?
10. Що називається інтенсивністю сонячної радіації?
11. Що називається ККД посівів? В яких межах він може змінюватись?
12. Які екологічні категорії врожаїв Ви знаєте?
13. Якими факторами обмежується величина урожаю у виробництві?
14. Що таке продуктивність рослин?
15. Як впливає рівень забезпечення ґрунту вологою на доступ поживних речовин в рослини?
16. Яка вхідна інформація необхідна для розрахунку фотосинтезу листя?
17. Яка вхідна інформація необхідна для розрахунку агроекологічних урожаїв?

## Список літератури

### Основна

1. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 322с.
2. Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 230с.
3. Кулик М.С. Погода и минеральные удобрения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 138с.
4. Куперман Ф.М., Ржанова Е.И. Биология развития растений. – М.: Высшая школа, 1963. – 423с.
5. Ничипорович А.А., Строганова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 135с.
6. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агро екосистем. –Київ : КНТ, 2007. – 344 с.
7. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. – Одеса: ТЕС, 2002. – 400 с.
8. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 200с.

### Додаткова

- 1.Платонов В.А., Чудновский А.Ф. Моделирование агрометеорологических условий и оптимизация агротехники. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 279с.

2. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 318с.
3. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175с.
4. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. – Одеса. «Екологія», 2013. – 605 с.

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з дисципліни «Агрометеорологічні прогнози»

Напрямок підготовки - Гідрометеорологія  
Спеціальність - Агрометеорологія

Укладач: к.г.н., доц. Божко Л.Ю.,

Підписано до друку . Формат . Папір офсетний.  
Друк офсетний. Ум друк. арк.  
Тираж 25 прим. Зам. №

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, вул. Львівська, 15

---









### 3.4 Практичні заняття

**3.4.1** Розрахувати *ККД* кукурудзи в період листоутворення, якщо:  $q = 17,6$  кДж/г;  $U = 0,286$  г/см<sup>2</sup>;  $Q = 464,6$  МДж/м<sup>2</sup>.

**3.4.2** Розрахувати чисту продуктивність фотосинтезу за декаду якщо маса рослин на початку декади становила 232 г/м<sup>2</sup>, наприкінці декади - 246 г/м<sup>2</sup>, площа листя відповідно 3,9 та 5,9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, кількість днів у декаді 10.

**3.4.2** Розрахувати вміст білку та клейковини в зерні озимої пшениці у Київській області. Розрахунки проводити за даними табл. 3.9 (А,Б,В). Для цього визначити середні по області запаси продуктивної вологи, суму максимальних температур, суму мінімальних температур, середню амплітуду температури, середню температуру повітря, дефіцит насичення.

**3.4.3** Розрахувати вміст цукру в коренеплодах цукрових буряків. Розрахунки виконувати за даними табл. 3.10

Таблиця 3.14 –А) Розрахунок вмісту білка та клейковини в зерні озимої пшениці сорту "Миронівська 808" по Одеській області

Метеорологічна станція, пост	Період від відновлення вегетації до стійкого переходу температури повітря через 10 °С							
	початок періоду	кінець періоду	тривалість періоду, дні	сума максимальн. температур, °С	сума мінімальн. температур, °С	різниця сум макс. та мінім. температур, °С	середня амплітуда температури повітря, °С	запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Любашівка	31.03	30.04						119
Затишшя	31.03	30.04						120
Сербка	04.04	30.04						180
Роздільна	04.04	30.04						211
Одесса	31.03	30.04						127
Сарата	04.04	01.05						152
Болград	31.03	01.05						166
Базарянка	02.04	30.04						156
Тузли	18.03	29.04						94
Ізмаїл	04.04	29.04						103
Сума								
Середнє								

Таблиця 3.14 –Б)





Базарянка																			
Тузли																			
Ізмаїл																			

Таблиця 3.15 - Розрахунку вологозабезпеченості посівів і накопичення цукру в цукрових буряків до кінця вегетації

Показники	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Середня декадна температура повітря в поточному році	10,3	14,7	15,2	16,8	19,3	19,2	17,4	18,4	–	–	–	–	–	–
за нормою	9,2	12,7	14,4	15,8	17,2	18,1	19,1	20,3	20,8	21,0	20,4	19,1	16,8	14,5
за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	19	18	20	18	14	13
Сума температур за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	209	389	589	787	927	1057
Сума опадів у поточному році	29	19	28	13	2	13	77	6	–	–	–	–	–	–
за прогнозом (х)	–	–	–	–	–	–	–	–	18	17	16	15	15	15
Сума середньо добового дефіциту вологості повітря, Мб	52	85	69	92	117	90	60	57	–	–	–	–	–	–
Мм	38	60	52	69	88	68	45	43	–	–	–	–	–	–
Коефіцієнт для визначення потреби цукрових буряків у волозі	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80	–	–	–	–	–	–
Сумарне випарування, мм Фактичне	22	36	36	32	32	32	34	22	–	–	–	–	–	–



прогнозоване (E)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	33	31	30	27	23	18
Потреба цукрових буряків у	8	16	16	27	43	44	32	34	–	–	–	–	–	–	–
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Волозі															
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см за період															
Минулий (W)	–	175	167	148	118	99	142	118	–	–	–	–	–	–	–
прогнозований (W)	–	–	–	–	–	–	–	–	103	90	80	71	62	67	
Вологозабезпеченість посівів за декаду, %	100	100	100	100	75	73	100	94	–	–	–	–	–	–	–
Сума процентів волоγοзабезпеченості наростаючим підсумком		200	300	400	475	548	648	742	–	–	–	–	–	–	–
Середня волоγοзабезпеченість (в % посівів за минулий період вегетації)		100	100	100	95	91	92	92	–	–	–	–	–	–	–