

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з
дисципліни

**"«Біологічні і екологічні основи формування
продуктивності агроєкосистем»**

Рівень підготовки - магістр
Спеціальність -- Екологія, Науки про Землю
Спеціалізації: «Агроекологія»
«Агрометеорологія»

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни "**«Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем»**". Спеціальність – Екологія, Науки про землю, спеціалізації: агроєкологія, агрометеорологія // Укладачі: д.геогр. н., проф. Польовий А.М., к.г.н., доц. Божко Л.Ю., к.г.н., доц. Барсукова О.А. – Одеса, ОДЕКУ, 2017 , - 73 с.

Зміст

	Стр.
ВСТУП.....	5
1. Зміст дисципліни.....	7
1.1 Теоретичні основи дисципліни.....	7
1.2 Перелік навчальної літератури	46
1.3 Перелік базових знань і вмінь.....	47
1.4 Організація навчального процесу.....	47
2. Організація самостійної роботи студентів.....	48
2.1 Загальні рекомендації до вивчення теоретичного матеріалу	48
2.1.1. Рекомендації щодо вивчення першої теми: «Методи оцінки коливання врожайності сільськогосподарських культур»	48
2.1.2 Рекомендації щодо вивчення другої теми « Методи розрахунків агрометеорологічних показників формування продуктивності».....	48
2.1.3.Рекомендації щодо вивчення третьої теми « Методи оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності агроєкосистем»	49
2.1 4 . Рекомендації щодо вивчення четвертої теми «Методи розрахунків агроєкологічних врожаїв сільськогосподарських культур різних рівнів» ...	50
3. Організація контролю знань студентів	64
Додатки	66

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 вивчення теоретичного матеріалу, виконання контрольної роботи та закріплення знань за темами:

- методи оцінки коливання врожайності сільськогосподарських культур;
- методи розрахунків агрометеорологічних показників формування продуктивності рослин;
- методи оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності агроєкосистем;
- методи розрахунків агроєкологічних врожаїв сільськогосподарських культур різних рівнів.

Теоретичний розділ – короткий огляд теоретичного матеріалу за вказаними темами (1.1.1 – 1.1.4).

Практичний розділ – це методичні вказівки до виконання контрольної роботи, яка складається з двох завдань : 1 – відповідей на контрольні питання (кожен варіант складається з 10 питань); 2 – виконання практичної роботи .

Студенти виконують завдання за варіантами у відповідності з останніми числами залікових книжок: **варіант 1** – виконують студенти, залікова книжка яких закінчується на цифри 1 та 2; **варіант 2** – виконують студенти, залікова книжка яких закінчується на цифри 3 та 4, **варіант 3** – виконують студенти, залікова книжка яких закінчується на цифри 5 та 6, **варіант 4** – виконують студенти, залікова книжка яких закінчується на цифри 7 та 8, **варіант 5** виконують студенти, залікова книжка яких

закінчується на цифри 9 та 0. Календарний план поточного контролю знань студентів наводиться в табл. 1.

Таблиця 1 – Терміни перевірки контрольної роботи в міжсесійний період

Змістовний модуль	Блок	Строки контролю
Тема 1	Методи оцінки коливання врожайності сільськогосподарських культур;	1 –й тиждень жовтня В кожному званні тест 1 та 2
Тема 2	Методи розрахунків агрометеорологічних показників формування продуктивності рослин	1 тиждень листопада В кожному званні тест 3,4
Тема 3	Методи оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності агроєкосистем	1 тиждень грудня В кожному званні тест 5,6,7
Тема 4	Методи розрахунків агроєкологічних врожаїв сільськогосподарських культур різних рівнів	1 тиждень січня В кожному званні тест 8,9,10

Мета методичних вказівок – методичне забезпечення дистанційного контролю вивчення студентами заочної форми навчання розділів дисципліни "Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем», забезпечення відповідних сучасним вимогам знань студентів і надання рекомендації до самостійної роботи.

1.3 МІСТ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Теоретична основа дисципліни

1.1.1. МЕТОДИ ОЦІНКИ КОЛОВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

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:

$$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n, \quad (1)$$

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:

$$y_t = f(t) + E_t, \quad (2)$$

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

$$y = a_0 + a_1 t \quad (3)$$

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

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \quad (4)$$

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:

$$C_v = \frac{\sigma_y}{\bar{y}}, \quad (5)$$

де σ_y – середнє квадратичне відхилення ряду врожаїв;

\bar{y} – середній врожай, ц·га⁻¹.

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 диспер-

сію ряду розкладають на сум двох дисперсій: дисперсію пов'язану з культурою землеробства ($\sigma_{кз}^2$), і дисперсію, обумовлену погодою окремих років (σ_n^2):

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}; \quad (6)$$

$$\sigma_{32}^2 = \sigma_{кз}^2 + \sigma_n^2; \quad (7)$$

$$\sigma_n^2 = \sigma_{32}^2 - \sigma_{кз}^2; \quad (8)$$

$$\sigma_{32}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad \text{і} \quad \sigma_{кз}^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (9)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (10)$$

$$c_n = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2 - \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (11)$$

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 σ_{c_n} розраховується з формули

$$\sigma_{c_n} = \frac{c_n \sqrt{1 + c_n^2}}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (12)$$

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)

$$y_i(t) = a_i + b_i t; \quad (i = 1, 2, \dots, n-k+1), \quad (13)$$

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:

$$\bar{y}_i(t) = \frac{1}{q_i} \sum_{j=1}^{q_i} y_i(t), \quad j=1, 2, \dots, q_i. \quad (14)$$

Прогнозування значення часового ряду визначається з формули

$$\bar{y}_{t+1} = \bar{y}_t + \bar{\omega}_{t+1}, \quad (15)$$

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

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t \quad (16)$$

Середні прирощення

$$\bar{\omega}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1} \quad (17)$$

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

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{n-1}, \quad (18)$$

де m_{t+1} – гармонічні коефіцієнти.

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

$$m_2 = \frac{1}{n-1}, \quad (19)$$

в наступний момент вага інформації m_3 буде

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-1} \quad (20)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається з рівняння

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}; \quad (t = 2, 3, \dots, n-1), \quad (21)$$

з початковою величиною, визначеною з рівняння (19)

Екстраполяція тенденції часового ряду визначається з виразу

$$y_{t+1} = y_t + \omega_{t+1} \quad (22)$$

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 ($k = 16$).

1.1.2. МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН

Уявлення про фактори урожаю можна відобразити таким виразом

$$Y = y(x, F, R^x, R^{Fx}, R^{xF}, \gamma, Q, t) \quad , \quad (.23)$$

де x – система внутрішніх елементів;
 F – зовнішнє середовище проживання;
 R^x – внутрішня структура;
 R^{Fx} – пряма взаємодія;
 R^{xF} – зворотна взаємодія;
 γ – вхід в систему;
 Q – вихід із системи;
 t – час.

За системним охопленням факторів урожаю їх можна класифікувати. Всі екологічні фактори поділяють на дві основні групи: 1) ресурси, які безпосередньо використовуються рослиною (сонячна енергія, вода, елементи мінерального живлення, вуглекислий газ і кисень повітря та ін.); 2) умови, які впливають на життєдіяльність рослин (температура повітря і ґрунту, кількість і розподіл атмосферних опадів, гранулометричний склад ґрунту, його кислотність тощо). На практиці ці дві групи факторів об'єднують у загальному понятті *агрокліматичні ресурси* [1, 4].

Існує й інший підхід до класифікації екологічних факторів, в якому фактори поділяють на 3 групи: 1) *погодно-кліматичні* (комплекс атмосферних впливів); 2) *едафічні*, які об'єднують всі екологічні впливи на рослину через ґрунт; 3) *біотичні*, які пов'язані з впливом на рослини інших організмів.

Однією з головних умов, які визначають географію розподілу агроєкосистем, є кліматичні особливості.

Екологічні фактори також поділяються на *зовнішні* (сонячна радіація, інтенсивність атмосферних опадів, атмосферний тиск, швидкість вітру, швидкість течії і т. ін.) та *внутрішні* (численність і біомаса популяцій, запаси різних речовин, характеристика приземного шару повітря, водної та ґрунтової маси).

Для характеристики величезної кількості екологічних факторів введено поняття *«простір екологічних факторів»*, який називається евклідовим простором. В цьому просторі кожній конкретній комбінації значень екологічних факторів відповідає точка евклідового простору з точно визначеними властивостями [1].

Для кількісної характеристики впливу екологічних факторів на показники життєдіяльності рослин і тварин (швидкість росту та розвитку,

плодючість, тривалість життя, харчування, метаболізм, активність рухів, смертність і т.ін.) застосовується *поняття про функції відгуку* одного фактора на зміну інших. Для кожної допустимої комбінації екологічних факторів функція показує відповідне цій комбінації значення швидкості іншого фактора. Відношення рослини до будь-якого фактора проявляється у вигляді взаємодії, тобто проявляється закон єдності та боротьби протилежностей.

Не зважаючи на те, що кількість екологічних факторів може бути дуже велика, насправді виділяється кількість факторів, за допомогою яких можна пояснити швидкість зміни інших.

Діапазон дії (інакше *зона толерантності*) екологічного фактора обмежується відповідними крайніми пороговими значеннями цього фактора, за яких можливе існування будь-якого організму. Точки мінімуму, оптимуму та максимуму становлять три основні точки, які визначають можливість реакції організму на певний екологічний фактор.

Умови середовища, в якому який-небудь фактор (або сукупність факторів) виходить за межі зони толерантності і пригнічує рослини, називаються *екстремальними*. Це визначення екстремальних умов стосується не тільки екологічних факторів, а взагалі всіх умов, де життя майже закінчується (полярні зони, високогір'я, пустелі). Властивості факторів урожаю складаються із *зовнішніх* (атмосферних, ґрунтових, біосферних, антропогенних, фітопатологічних, ентомологічних); *внутрішніх* (органічних, генетичних, фізіологічних, біохімічних, біофізичних). Кожен з цих факторів має якісний і кількісний склад і може бути провідним або додатковим.

Ці фактори формування урожаю відображають *принцип оптимальності*. Оптимальній продуктивності відповідає максимальний урожай за оптимального значення факторів. Вони відображають потреби рослин.

Біологічний потенціал продуктивності відображається біологічним максимумом урожайності. Біологічна потреба рослин виражається біологічним оптимумом факторів, тобто найбільша сприятливість навколишнього середовища для життєдіяльності рослин.

Сумісний вплив зовнішніх (екологічних) і внутрішніх (генетичних) факторів на ріст та розвиток рослин проявляється в їх розмірах, формі, морфологічній структурі, фазах розвитку тощо. Складність і різноманітність росту і розвитку визначається фізіолого-біохімічними і біофізичними процесами, які відбуваються в рослині під впливом зовнішніх факторів: світла, тепла, вологи повітря і ґрунту, мінерального живлення тощо. Загальним виразом залежності процесів в рослинах від часу є закон великого періоду росту, який відображає S – подібний хід кривої інтегрального наростання маси (розмірів) рослин та параболічний хід диференційованої кривої приростів за визначені відрізки часу (табл. 2)

Рослини і середовище їх існування знаходяться в дуже складній та динамічній взаємодії, інтенсивність якої залежить від сезону року, агрометеорологічних умов, біологічних особливостей та фази розвитку рослин, агротехнічних заходів тощо. Рослини реагують на зміну зовнішніх умов шляхом перебудови біологічних процесів на біохімічному, фізіологічному та клітинному рівні. Вплив зовнішніх умов завжди відбувається комплексно, тобто діє декілька факторів одночасно.

Таблиця 2 – Залежність процесів росту і розвитку озимої пшениці від впливу факторів абіотичного середовища

Процеси розвитку	Фактори середовища			Фізіологічні процеси
	Грунтове зволоження	Температура повітря, °С	Тривалість дня, год	
Насіння у ґрунті	Більше за вологість розриву капілярів	Вище за 3 – 5 °С	-	Набухання насінини, ріст зародкових корінців і поява колеоптиля
Росток, перехід до сходів	Те саме	Між біологічним мінімумом і біологічним максимумом	Опромінення квантом світла	Набуття зеленого кольору хлоропластами, ріст рослини, фотосинтез
Припинення та відновлення вегетації	Не менше від вологості розриву капілярів	> < 1 °С	< 12 год	Перехід до анабіозу та початок ростових процесів
Вихід у трубку	Те саме	>10 °С	> 12 год	Початок утворення репродуктивних органів
Колосіння	Те саме	> 15°С	> 15 год	Запліднення, утворення зерна

Світло як фактор існування рослин.

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 (CO₂) та води (H₂O) високо енергетичні вуглеводи (крохмаль, цукор, глюкозу, клітчатку і ін.), вивільнюючи при цьому кисень (O₂). 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):

$$\sum Q_{\text{фар}} = 0,43 \sum S' + 0,57 \sum D \quad , \quad (24)$$

де $\sum Q_{\text{фар}}$ – сумарна фотосинтетично активна радіація (Дж/м²);

$\sum S'$ – сума прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню, (Дж/м²);

$\sum D$ – сума розсіяної сонячної радіації (Дж/м²).

Для приблизного розрахунку ФАР використовується також формула

$$Q_{\text{фар}} = 0,52 \sum Q \quad . \quad (25)$$

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

$$Q = S' + D \quad . \quad (26)$$

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

Тривалість сонячного саява, 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:

$$Q = 12,66(SS^j)^{1,31} + 315(\sin h_o^j)^{2,1} \quad , \quad (27)$$

де SS – тривалість сонячного саява за добу, кал · см⁻² · доб⁻¹ ;

h_o – полуденна висота Сонця, град.

На верхній межі посіву інтенсивність ФАР розраховується за формулою

$$Q_o = \sum Q / 60 \tau_d, \quad (28)$$

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

$$Q_{\text{фар}} = Q_o / (1 + cL), \quad (29)$$

де $Q_{\text{фар}}$ – інтенсивність ФАР в посіві, $\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1}$;

L – відносна площа листа, $\text{м}^2 \cdot \text{м}^2$;

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

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

$$\eta = \frac{qU \cdot 100\%}{\sum Q_{\phi}}, \quad (30)$$

де η – ККД;

q – калорійність рослин, кДж/г ;

U – біологічний врожай загальної сухої фітомаси, г/м^2 ;

$\sum Q_{\phi}$ – сума фотосинтетично активної радіації (ФАР) за вегетаційний період, МДж/м^2 .

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

$$\eta_x = \frac{qM_x \cdot 100\%}{\sum Q_{\phi}}, \quad (31)$$

де M_x – суха фітомаса господарсько цінної частки врожаю.

Таким чином, η_x – це доля ФАР, яка накопичується впродовж вегетаційного періоду у фітомасі врожаю

$$\eta_x = \eta \cdot K_{\text{госп}}, \quad (32)$$

де $K_{\text{госп}}$ – 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. 3.

Таблиця 3 – 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)	17,6
змішані	19,7	Трави	18,0
Луки помірних зон	16,7	Гриби	19,7

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

$$\eta_{над} = a_n q_{погл}, \quad (33)$$

де $\eta_{над}$ – ККД, визначений відносно падаючої радіації,
 $q_{погл}$ – 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.

За даними О.О.Ничипоровича [1] 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% .

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

Найбільші значення *ККД* спостерігаються при площі листя 40 – 50 тис.м²/га.

Тепло як фактор життєдіяльності рослин.

Тепловим режимом атмосфери називається характер розподілу і зміни температури в атмосфері. Тепловий режим атмосфери визначається здебільшого її теплообміном з навколишнім середовищем. Велику роль у розвитку процесів, пов'язаних із взаємодією атмосфери та зеленої поверхні, відіграє приземний шар атмосфери. Він має товщину в декількох десятків метрів і його стан дуже впливає на флору і фауну, на умови життєдіяльності всього живого.

Основним джерелом нагрівання приземного шару є тепло, що надходить від діяльної поверхні. Перенесення тепла між діяльною поверхнею і атмосферою, а також у самій атмосфері, здійснюється через конвективний і турбулентний потоки. Потік тепла – це об'єм тепла, що переноситься потоком повітря через одиницю площі за одиницю часу в напрямку, перпендикулярному до площі.

Конвективний потік тепла зумовлюється горизонтальними складовими швидкості вітру.

Турбулентний потік тепла формується завдяки переносу тепла турбулентними полями. Він формується всередині атмосфери внаслідок закрученого хаотичного руху повітря, тобто турбулентності. Турбулентні потоки поділяються на *динамічні* і *термічні*. *Динамічні потоки* виникають внаслідок появи сили тертя. Теплові потоки (теплова конвекція) – виникають внаслідок нерівномірного нагрівання різних ділянок поверхні. Теплова конвекція на суші розвивається вдень і влітку, над морем – вночі і взимку.

Конвективні і турбулентні потоки тепла спричиняють зміну температури приземного шару повітря як впродовж доби, так і впродовж року. Добовий хід температури повітря має максимум о 14 – 15 годині і мінімум перед сходом сонця. Амплітуда температурних коливань залежить від погодних умов, пори року, рельєфу, фізичних властивостей ґрунту та є важливою характеристикою клімату.

Річний хід температури повітря у різних географічних зонах різний і залежить від широти місця, континентальності його, розташування та висоти над рівнем моря. Характеристикою річного ходу температури є амплітуда річних коливань температури повітря (різниця між середніми місячними температурами найтеплішого та найхолоднішого місяця).

За величиною середньої багаторічної амплітуди температур і часом настання екстремальної температури виділено чотири типи річного ходу температури повітря:

- 1 – екваторіальний (Джакарта, $\varphi = 6^{\circ}$ півд. ш.);
- 2 – тропічний (Асуан, $\varphi = 24^{\circ}$ півн. ш.);
- 3 – помірною поясу (Саратов, $\varphi = 52^{\circ}$ півн. ш.);
- 4 – полярний (Верхоянськ, $\varphi = 67^{\circ}$ півн. ш.).

Температура повітря у тропосфері з висотою зменшується приблизно на $0,6^{\circ}\text{C}$ на кожні 100 м висоти. Але в приземному шарі повітря розподіл температури може бути будь-яким: збільшуватись, зменшуватись, залишатись без змін.

Достатня кількість тепла є головною умовою для життя рослин. Для кожного етапу життєвого циклу існують цілком визначені температурні межі і деякий оптимум, після переходу через які інтенсивність процесу життєдіяльності припиняється.

Фізіологічні процеси, що протікають в організмах рослин – фотосинтез, дихання, транспірація, живлення та інші, відбуваються за певних рівнів температури. Вимоги рослин до тепла змінюються в досить широких межах і визначаються трьома кардинальними точками: температурним мінімумом, нижче якого рослини не розвиваються (біологічний мінімум), температурним оптимумом, тобто найсприятливішою температурою для розвитку рослин, та температурним максимумом, за межами якого рослини існувати не можуть. Значення температури між температурним оптимумом та мінімумом називається зоною комфорту.

За відношенням рослин до термічного режиму розрізняється:

- 1 – характерна крива розвитку;
- 2 – визначений рівень температур, в межах якого відбувається розвиток рослини;
- 3 – загальна сума тепла, що необхідна для всього періоду вегетації рослини.

За відношенням до температурної кривої розвитку рослини поділяються на 3 групи.

За рівнем температури початку і кінця вегетації рослини поділяються на 4 групи. До першої групи відносяться рослини, що починають свій розвиток за температури 5°C і вище; до другої – рослини, що потребують помірного тепла і розвиваються при температурі 10°C ; до третьої – теплолюбні рослини, що ростуть при температурі 15°C . Це вимогливі до тепла рослини помірного поясу і рослини літнього періоду субтропічного поясу; до четвертої – дуже теплолюбні рослини тропічного поясу, що розвиваються за температури 20°C .

Рослини також характеризуються визначеними біологічними мінімумами, максимумами та оптимумами температури.

Для оцінки температурного режиму використовуються такі температурні характеристики:

- середня за добу температура повітря, визначається як середнє арифметичне із усіх значень температури, виміряних в усі строки спостережень (це або чотири, або шість, або вісім значень

У сільськогосподарському виробництві найчастіше використовуються значення середньої температури за декаду, міжфазний період, вегетаційний період розвитку рослин.

Вплив температури повітря на продуктивність рослин проявляється, перш за все, через вплив на інтенсивність фотосинтезу та дихання.

Рослини розвиваються тільки у тому випадку, якщо середня температура повітря сягає межі біологічного мінімуму.

Температурний режим вегетаційного періоду рослин досить повно характеризується динамікою сезонного ходу температури повітря і ґрунту, рівнем температури початку і кінця вегетації, максимальною і мінімальною температурами, діапазоном оптимальних температур, сумою температур, необхідною рослинам для всього періоду вегетації.

Дослідженнями багатьох авторів були встановлені статистичні зв'язки залежності тривалості міжфазних періодів з середньою температурою за період. Особливо чітка залежність простежується у теплолюбних культур з біологічним мінімумом вищим за 10°C (табл. 4).

Окрім середніх, максимальних та мінімальних температур для характеристики теплового режиму ще використовуються суми температур.

Відрізняють кліматичні і біологічні суми. *Кліматичні суми температур* – це суми температур вищі будь-якої межі (наприклад, від дати переходу температури повітря через 5 °С навесні до такої ж дати восени).

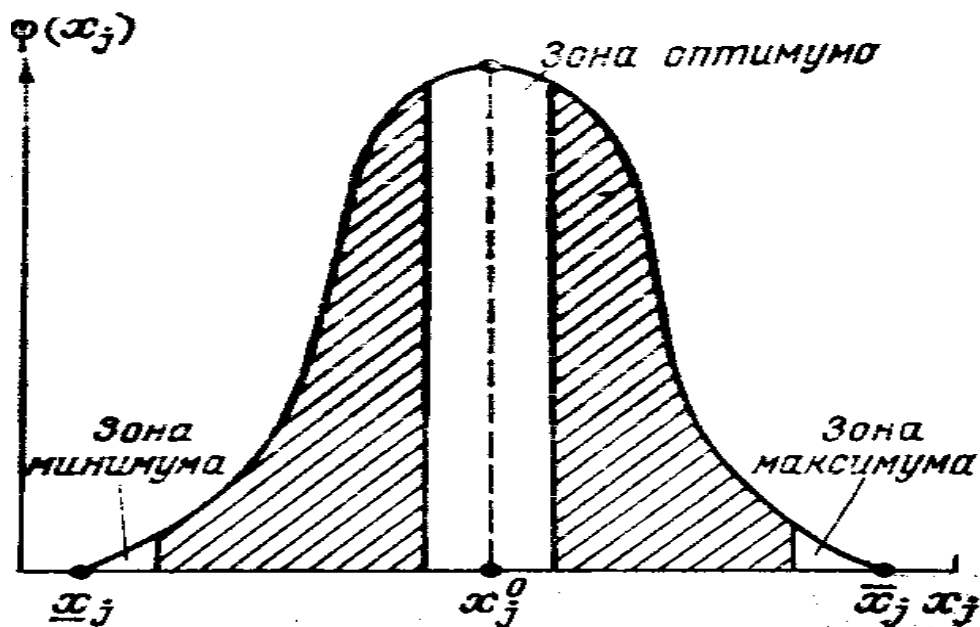
Біологічні суми температур – це суми температур за вегетаційний період культури. *Вегетаційним періодом називається період у днях від сівби до збирання врожаю.*

Таблиця 4 – Рівняння залежності тривалості міжфазних періодів томатів (У) від середньої температури повітря (t) за період

Сорти	Висадка розсади в ґрунт - цвітіння	Цвітіння – бланжова стиглість	Бланкова стиглість – повна стиглість
Ранньостиглі	$U = -15,3t + 226,3$	$U = -17,1t + 117,3$	$U = -13,6t + 321,7$
Середньостиглі	$U = -14,8t + 219,6$	$U = -17,8t + 123,4$	$U = -13,8t + 334,5$
Пізнньостиглі	$U = -14,9t + 235,3$	$U = -18,1t + 135,8$	$U = -14,0t + 352,1$

Потреба рослин в теплі за вегетаційний період характеризується сумами середніх за добу температур. Кожна рослина потребує для повного розвитку певну суму температур. Для визначення сум температур, необхідних для розвитку сільськогосподарських культур, використовуються суми температур: активних і ефективних.

Діапазон дії (або зона толерантності) температури повітря (або іншого будь-якого чинника) обмежується крайніми пороговими значеннями температури, за якої можливе існування рослинного організму (рис. 1). Точка на осі абсцис, що відповідає найкращим умовам життєдіяльності рослинних організмів, визначає оптимальне значення елемента. Одну точку визначити досить складно тому, зазвичай, визначають зону оптимуму (зону комфорту). Точки мінімуму, оптимуму та максимуму визначають можливі реакції рослинного організму на даний фактор.



Інтенсивність фактора

Рис.1 – Схема дії температури повітря на рослини (за К.М.Ситником, А.В.Брайоном, О.В.Городецьким). x_j – точка мінімуму, x_j^0 – точка оптимуму; \bar{x}_j – точка максимуму.

Врахування температурного режиму, знання особливостей його формування на сільськогосподарських полях, в середовищі рослин, а також в умовах регульованого клімату (оранжереї, парники, теплиці тощо) важливе для отримання високих урожаїв.

Важливою ознакою впливу термічного режиму на урожайність сільськогосподарських культур є характеристики часового та просторового осереднення значень температури та врахування максимальних температур та біологічних екстремумів. Характеристику впливу температури на формування врожаїв сільськогосподарських культур у різні відрізки вегетаційного періоду добре показано в дослідженнях В.П. Дмитренка.

Вода, як екологічний фактор має найважливіше значення в житті всіх без винятку біологічних об'єктів. В тканях тканин вона становить 70...95 % сирової маси. При зниженні кількості води в клітинах і тканинах до критичного рівня живі структури переходять в стан анабіозу.

Згідно досліджень Польового В.В. в біологічних об'єктах вода виконує такі функції:

- вода – найважливіший розчинник і необхідне середовище для біохімічних реакцій;
- вода входить до складу молекул білків і приймає участь в життєдіяльності клітинних структур;
- вода – метаболіт, тобто речовина, яка виникає в організмі в результаті обміну речовин і безпосередній компонент біохімічних процесів;
- вода – терморегулюючий фактор, який захищає тканини рослин від різких коливань температури;
- вода – добрий амортизатор при механічних впливах на рослини.

За потребою у воді рослини діляться на 4 групи: *гідрофіти*, *гігрофіти*, *ксерофіти*, *мезофіти*.

1. *Гідрофіти* – рослини, які ростуть та вільно плавають у воді або укорінені на дні водоймищ (водяна лілія).

2. *Гігрофіти* – суходольні рослини, життєвий цикл яких здійснюється в умовах достатнього водопостачання та високої вологості повітря. Найбільш типовими гігрофітами є рослини вологої і теплої атмосфери тропічних лісів (папоротники, орхідеї), та світлолюбні рослини заболочених і перезволожених ґрунтів.

3. *Ксерофіти* рослини, які пристосувались до значної постійної або тимчасової нестачі води в ґрунті або в повітрі за рахунок обмеження випаровування, збільшення постачання води із ґрунту, створення запасів води під час тривалої перерви у водопостачанні. Це можливе через поширений розвиток кореневої системи. Ксерофіти найбільш поширені в степах, пустелях та напівпустелях.

4. *Мезофіти* займають проміжне положення між гігрофітами та ксерофітами. Вони найбільше розповсюджені в помірно-вологих місцях. Ця група рослин найбільше поширена в помірному кліматі.

Значний вплив на формування запасів вологи в ґрунті, а отже і на урожай) спричиняють опади. Опосередкований вплив опадів на ґрунтову вологу є головним, провідним для росту, розвитку і продуктивності сільськогосподарських культур.

Вплив опадів на врожай виражається інтенсивністю, тривалістю та кількістю. Основна функція опадів є подвійною і полягає по-перше у забезпеченні рослин вологою, а також у наявності опосередкованого впливу опадів на формування продуктивності.

В.П.Попов ввів поняття ефективних опадів, які визначаються як різниця між їх річною кількістю, випаровуванням і стоком. За даними В.П. Попова ефективні для формування врожаю опади становлять 20 – 30 % їх річної кількості.

А.Г. Булавко розподіляє опади на частки: опади, що спостерігались, опади затримані рослинами, активні опади та приведені.

Уявлення про оптимальну кількість опадів для формування врожайності сільськогосподарських культур започаткував В.М. Обухов [1]. Під *оптимумом* опадів в даній місцевості в даний час для визначеної культури розуміється їх кількість, що зумовлює максимальну врожайність.

Біологічним мінімумом опадів вважається їх відсутність. Під *біологічним максимумом* опадів вважається їх кількість, яка повинна бути адекватною кількості вологи, що заповнює кореневий шар до повної волого місткості з урахуванням випаровуваності, стоку та фільтрації.

А.М. Алпатьєв ввів поняття *критичного мінімуму опадів*, що уявляє собою суму опадів, яка забезпечує зволоження кореневого шару на рівні вологості в'янення [1].

Вологість ґрунту має надзвичайно велике значення у процесах росту, розвитку та формування продуктивності рослин.

Вода випаровується із всієї зовнішньої і внутрішньої поверхні рослини, які стикаються з повітрям. З поверхні рослини водяний пар надходить в повітря, з яким вона стикається та у вільний простір. Переміщення водяної пари від випаровуючих поверхонь рослини в напрямку вільного повітряного простору відбувається шляхом дифузії у відповідності із законом Фука. Тому і транспірацію можна розглядати як дифузійний процес: інтенсивність транспірації прямо пропорційна різниці між концентрацією водяної пари біля випаровуючих поверхонь і вмістом водяної пари в атмосфері. Транспірація відбувається через продири в тканині рослини.

Відношення між витратами води и отриманою продукцією називається *транспіраційним коефіцієнтом*, або, інакше, *продуктивністю транспірації*. Кількість води, яка витрачається через транспірацію повинна бути компенсована такою ж кількістю води за рахунок поглинання її корінням.

Кожен вид рослин має свої особливості транспірації і свої потреби у воді. *Потреба рослин у воді – це витрати води в польових умовах на транспірацію та випаровування з поверхні ґрунту за умови безперебійного постачання вологи до коріння рослин при визначених площах живлення, освітлення та агротехніки.*

Окрім біологічних особливостей, потреба рослин у воді залежить від умов навколишнього середовища, тривалості вегетаційного періоду. За даними А.М. Алпатьєва витрати води за добу відрізняються у різних рослин на 10 %, а витрати води за вегетаційний період – на 36 ... 43 % [1].

В умовах оптимального зволоження вологопотреба рослин дорівнює максимально можливому випаровуванню (випаровуваності). Сумарне випаровування знаходиться в залежності від стану розвитку рослин, зволоження ґрунту та метеорологічних факторів. Максимально можливе випаровування (випаровуваність) визначається за допомогою випарювача ГГІ 3000, який встановлюється на метеорологічних майданчиках, або за допомогою ґрунтових випарників. Крім того, існує низка методів розрахунку випаровуваності, які в тій чи іншій мірі враховують значення метеорологічних елементів. Відомі методи М.І Будико, Х.Л. Пенмана, формули яких засновуються на матеріалах спостережень за радіаційним та тепловим балансом; метод А.І Будаговського, в формулу якого вводиться додатковий коефіцієнт, що враховує вплив не лінійності між часткою насичення водяної пари і температури випарної поверхні.

Для сільськогосподарських рослин оптимальною вологістю вважається та, що забезпечує нормальні умови життєдіяльності (в першу чергу, нормальне обводнення клітин). Верхня межа оптимального зволоження в зоні з глибоким заляганням ґрунтових вод становить близько значення найменшої вологомісткості (НВ).

В умовах глибокого залягання ґрунтових вод насичення ґрунту вологою більше 80 % загальної пористості ґрунту шкідливо впливає на рослини через зменшення запасів повітря в ньому.

Різде зниження урожаїв часто спостерігається за вологості ґрунту вище 90 -100% повної вологомісткості, що відповідає запасам повітря в ґрунті 10-20 % об'єму ґрунту.

Верхня межа оптимальної вологості ґрунту визначається вимогами рослин до аерації або максимально можливим в польових умовах ступенем насичення водою зони розміщення коріння.

Нижня межа оптимальної вологості знаходиться в межах вище вологості стійкого в'янення. А.М. Алпатьєвим визначені межі оптимальної вологості для різних рослин.

Пересування води в ґрунті і в рослині має складний характер, який визначається фізичними, хімічними властивостями ґрунту та морфологічними і фізіологічними особливостями рослин.

Встановлено, що потреба рослин у воді задовольняється повністю, якщо вологість важко суглинкових і глинистих ґрунтів становить не нижче 70 – 80% найменшої вологомісткості, легко – і середньо суглинкових – не менше 65 – 75 %, супіщаних – не нижче 50 – 60 %.

Режим споживання води рослинами різний за різних значень вологості ґрунту. Аналіз режиму валових витрат води рослинами по фазах розвитку показав, що впродовж вегетаційного періоду рослин є періоди, коли витрати води рослинами вищі, ніж випаровуваність.

Це вказує на біологічну особливість споживання води і пояснюється біологічними кривими споживання води.

Таблиця 5 – Оптимальна вологість для різних рослин
(за А.М. Алпатьєвим)

Грунт	Культура	Нижня межа оптимальної вологості, % НВ	Періоди підтримки оптимальної вологості ґрунту
Сірозем важко суглинковий	цукрові буряки	75 – 80	з червня по вересень
Чорнозем важко суглинковий	цукрові буряки	75	з утворення 4 пари листків до середини серпня
Чорнозем суглинковий	яра пшениця	70 – 80	від кущіння до молочної стиглості
Чорнозем легкосуглинковий	яра пшениця	70 – 75	вихід у трубку – налив зерна, від початку цвітіння до плодоносіння. весь період те ж
	томати	75	
	огірки	80	
	капуста	80	
	люцерна на сіно	70-75	
	яра пшениця	70-75	Вихід у трубку – налив зерна

Рослини впродовж вегетаційного періоду пред'являють неоднакові вимоги до забезпечення вологою. В деякі періоди розвитку недостатня забезпеченість вологою призводить до різкого зменшення врожаю. Ці періоди П.І. Броунов назвав *критичними*. У різних рослин критичними бувають різні періоди розвитку.

Ефективність використання води рослинами залежить від процесів газо- та водообміну на різних рівнях організації рослини, фізичних і хімічних властивостей ґрунтів, ступеня розповсюдження коріння в ґрунті, наявності легко доступної води в шарах ґрунту, обміну H_2O між атмосферою і ґрунтом, мікробіологічної активності і динаміки мінералізації, кількості, якості та термінів внесення мінеральних добрив та ін.

Ефективність використання води рослинами можна підвищити шляхом введення інтенсивної технології вирощування сільськогосподарських культур в засушливих зонах та підвищенням густоти рослин в зонах помірного клімату.

Продуктивність сільськогосподарських культур залежить від вологозабезпеченості посівів. Як відомо, для життя рослин та формування їх урожаїв необхідні чотири головні фактори: світло, тепло, волога та питомі речовини. Найбільш мінливими як у часі, так і по території є тепло і

волога. Їх нестачею або надмірною кількістю пояснюються значні коливання урожаїв.

В посушливих районах та районах нестійкого зволоження ґрунту фактором, що визначає умови зростання та формування врожаїв сільськогосподарських культур, є забезпеченість посівів вологою, так як тепла у цих районах достатньо.

Оцінкою вологозабезпеченості посівів займалися багато дослідників: О.В. Процеров, О.С. Конторщикова, О.М. Конторщикова [1] та ін. Це дозволило розробити цілу низку методів, що дозволяють виконувати оцінку вологозабезпеченості сільськогосподарських культур в районах недостатнього та нестійкого зволоження.

Вологозабезпеченість посівів – це міра забезпечення потреб рослин у воді в природних умовах. Вона може бути виражена через запаси продуктивної вологи у відсотках від найменшої вологомісткості, у відсотках від середніх багаторічних запасів продуктивної вологи, через суму опадів у відсотках від середньої багаторічної, у відносних одиницях через відношення випаровування до випаровуваності, а також у відсотках через ті ж величини .

Розрахунок вологозабезпеченості (V) за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря виконується практично для всіх сільськогосподарських культур як відношення фактичного сумарного випаровування (E_{ϕ}) з поля, зайнятого культурою, до сумарного випаровування при оптимальних умовах зволоження (E_o):

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_o} \cdot 100 . \quad (34)$$

За сумарне випаровування при оптимальних умовах зволоження (потреба рослин у воді) приймається випаровуваність, розрахована будь яким методом. В агрометеорології найчастіше використовується метод А.М. Алпатьєва. Він запропонував випаровуваність (E_o) розраховувати через сумарний дефіцит насичення повітря (d) з врахуванням коефіцієнтів біологічної кривої водоспоживання (K).

Запаси продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами вимірюються інструментальні безпосередньо на полях із сільськогосподарськими культурами. Але О.П. Веріго розробила статистичні залежності значень запасів продуктивної вологи на кінець будь-якого розрахункового періоду від початкових запасів продуктивної вологи будь-якого шару ґрунту, суми опадів за розрахунковий період та середньої температури повітря за цей же період та фази розвитку культури.

На формування врожаїв сільськогосподарських культур також впливає мінеральне живлення та агротехніка вирощування.

1.1.3. МЕТОДИ ОЦІНКИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ

Продукційний процес рослин (ППР) – це сукупність окремих взаємозалежних процесів, з яких фундаментальними є фотосинтез, дихання і ріст, у ході яких відбувається формування урожаю (рис. 2). ППР залежить від умов зовнішнього середовища і сам перетворює середовище, в основному через архітектоніку, газообмін і транспірацію фітоценозу.

Рослини, поглинаючи листками з атмосфери 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 забезпечує за постачання рослин водою й елементам мінерального живлення і за регуляцію теплового режиму рослин. В залежності від інтенсивності ФАР, водного і температурного режиму, швидкості вітру, концентрації CO_2 у повітрі, родючості ґрунту і видових особливостей рослин процес фотосинтезу може відбуватись з більшою або меншою швидкістю.

Другий фундаментальний процес – *дихання* – забезпечує постачання енергією різних біохімічних процесів синтезу, пов'язаних з ростом, побудовою нових структурних елементів рослин і з транспортом речовин, а також підтримку живих структур органів рослин. При цьому витрачається органічна речовина, накопичена в органах рослин.

Третій фундаментальний процес *ріст*. Фотосинтез і ріст розглядаються як сполучені процеси. Енергетичне забезпечення ростової функції з боку фотосинтезу є неодмінною умовою росту. Система донорно-акцепторних відносин є основним проявом 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, імовірно, знаходяться в листках і стеблах. Асиміляти, запасені на більш тривалий період, здебільшого накопичуються в коренях. В умовах екологічного стресу, коли пригнічується фотосинтез, величина фондів стає істотним фактором формування урожаю.

Фонди забезпечують часткову автономність функції фотосинтезу і росту. Можливий обмежений ріст без фотосинтезу за умови, що енергетичне постачання відбувається за рахунок запасних субстратів попереднього фотосинтезу. Таким шляхом ростуть паростки, пагони і листки з бруньок дерев, так відбувається і ріст у нічні години. Налив зерна у зернових культур і формування бульб у картоплі здійснюється також не тільки за рахунок «свіжих» асимілятів, що утворюються в листках, але і шляхом використання фондів асимілятів.

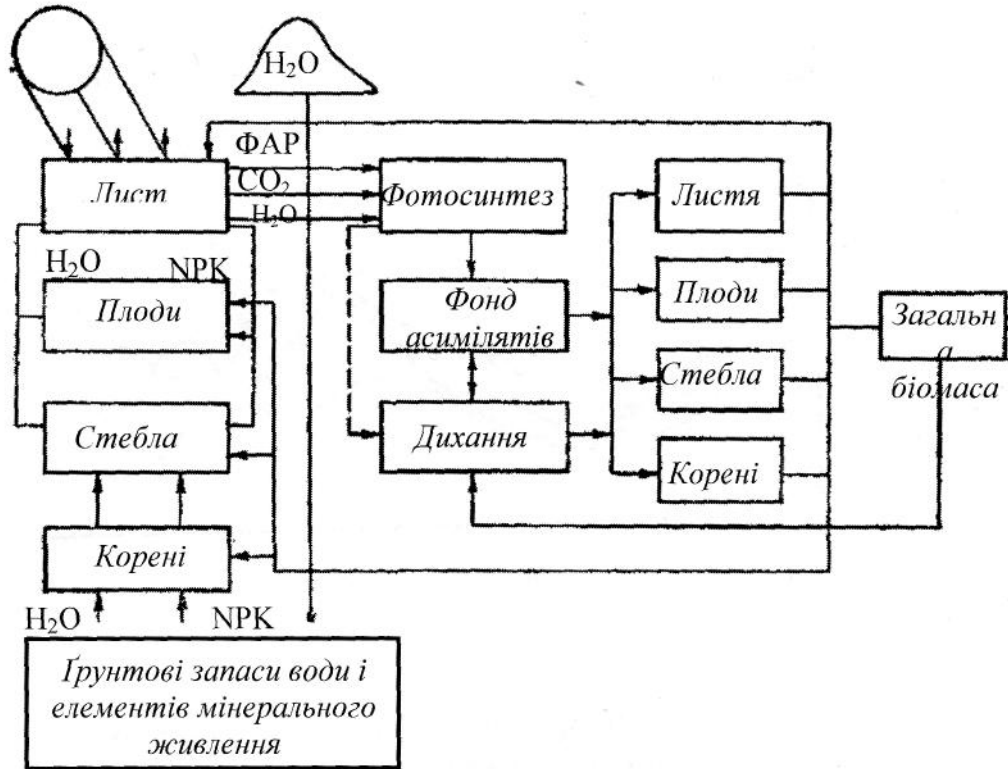


Рис. 2 – Блок-схема продуційного процесу (Х. Тоомінг, 1984)

Експериментальні і теоретичні дослідження і Дж.Х.М. Торнлі (1982) і Х. Молдау (1985) та ін. дозволили розширити наші знання про добову й онтогенетичну динаміку фондів.

Ріст – це складова частина продуційного процесу, який супроводжується збільшенням маси і розмірів органів, органел і живого організму в цілому.

Найбільш елементарний показник росту фітомаси – це *приріст*, тобто різниця між сухою фітомасою за визначений проміжок часу $M_2 - M_1$. Приріст сухої фітомаси не є вичерпною характеристикою при оцінці росту органів рослин, тому що не враховує хімічний склад фітомаси.

Приріст сухої маси відбувається за якийсь часовий інтервал Δt , тому вживається поняття *абсолютної швидкості росту*:

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1}, \quad (35)$$

і відносного приросту:

$$R_r = \frac{M_2 - M_1}{M(t_2 - t_1)}, \quad (36)$$

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

За даними Р.М. Олійника максимальні прирости загальної біомаси кукурудзи на зрошуваному полі досягають 430–460 кг/га за добу, на богарі – 130–208 кг/га за добу. Максимальні величини відносного приросту досягають 0,38 – 0,50 відн. од.

Дані, що наводяться на рис. 3, надають уявлення про вегетаційний хід відносних приростів біомаси озимої пшениці.

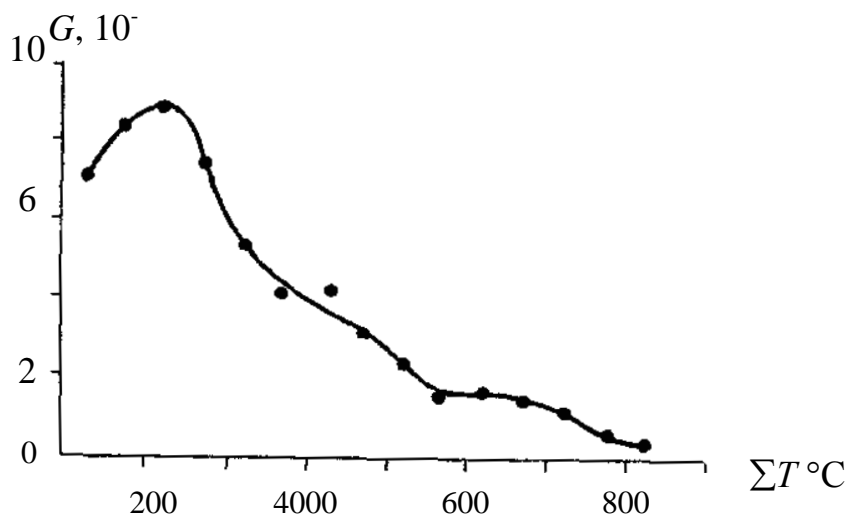


Рис. 3 – Динаміка відносної швидкості росту G (1/град.) рослин озимої пшениці Одеська 51 (В.С. Антоненко, 2002).

Динаміка площі листя характеризує роботу фотосинтетичного апарата протягом вегетаційного періоду. Посівами, що мають оптимальну структуру і добрий хід її розвитку і формування, вважаються такі, в яких площа листя швидко виростає до розмірів приблизно в 40 тис м²/га, потім довго, в залежності від тривалості вегетаційного періоду тієї чи іншої рослини, зберігається в активному стані на цьому рівні і, нарешті, значно зменшується або зовсім відмирає, віддаючи пластичні речовини на формування репродуктивних органів або тих, що запасують.

На рис. 4 схематично зображені оптимальні ходи росту площі листя для рослин з різною тривалістю вегетаційного періоду (криві 1а–2в). Криві 1а–1в означають кількість сонячної радіації (в процентах від падаючої), яку можуть поглинати посіви 1а–2в відповідно до ходів росту в них площі листків. Як видно, у середньому за весь період вегетації такі посіви можуть поглинати до 50–60 % падаючої на них фотосинтетично активної радіації. Для кожного графіка ходу росту площі листків (1а–2в) дається відповідний йому показник фотосинтетичного потенціалу посівів. Зміст цього показника полягає в такому: робочою фотосинтетичною одиницею в посівах може вважатися

1 м² площі листків. За винятком витрат

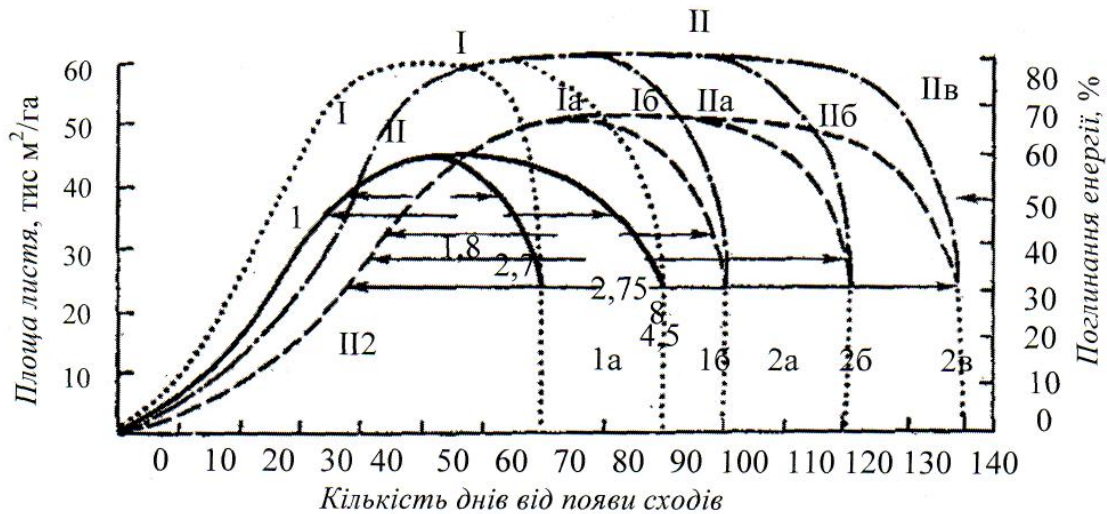


Рис. 4 – Оптимальні графіки росту площі листя у посівах рослин з різною тривалістю вегетаційного періоду (А.А. Ничипорович).

1а, 1б – з відносно коротким періодом вегетації; 2а, 2б, 2в – з довгим періодом. 1а, б; 2а, б, в – відповідні криві процентної кількості поглиненої посівами енергії сонячної радіації по мірі росту в них площі листя.

на дихання 1 м² в результаті фотосинтезу утворить за добу в середньому 4–7 г загальної сухої біомаси (однак ці показники можуть бути і значно більш високими). Інакше кажучи, одиницею міри фотосинтетичної роботи в посіві може вважатися робота 1 м² листків за добу.

Для характеристики тривалості фотосинтетичної роботи посіву протягом усього вегетаційного періоду або частини його запропоновано показник – *фотосинтетичний потенціал*, який виражається в (м² день)/га.

$$\Phi_n = \int_{t_1}^{t_2} L_0(t) dt, \quad (37)$$

Відповідно до визначення Φ_n , він розраховується як сума показників площі листя на гектар посіву за кожний день вегетаційного періоду або окремі його відрізки. Підсумовуючи показники площі листя на гектар посіву за кожний день вегетаційного періоду, визначається кількість одиниць можливої фотосинтетичної роботи посіву за весь вегетаційний період або за яку-небудь його частину.

Асиміляційна поверхня пшениці визначається не тільки листковими

пластинками, але й іншими асимілюючими хлорофілоносними органами (соломина з листовими піхвами і колосся). В.А. Кумаковим був запропонований метод оцінки внеску всіх асимілюючих органів у фотосинтетичній діяльності рослин пшениці. Він заснований на аналізі структури їхнього фотосинтетичного потенціалу (ФП), тобто сумарної асиміляційної поверхні за окремі періоди і за весь вегетаційний період. Підставою для застосування цього методу служить той факт, що з усіх фотосинтетичних показників урожай рослини тісніше всього корелює з потужністю асиміляційного апарата, тобто з величиною фотосинтетичного потенціалу.

Якщо результати визначення ФП окремих органів зобразити графічно (рис. 5), то можна ясно представити склад працюючого асиміляційного апарата за будь-який відрізок часу.

Відповідно до визначення Φ_n , він визначається як сума показників площі листя на гектар посіву за кожний день вегетаційного періоду або окремі його відрізки. Підсумовуючи показники площі листя на гектар посіву за кожний день вегетаційного періоду, визначається кількість одиниць можливої фотосинтетичної роботи посіву за весь вегетаційний період або за яку-небудь його частину.

Асиміляційна поверхня пшениці визначається не тільки листовими пластинками, але й іншими асимілюючими хлорофілоносними органами (соломина з листовими піхвами і колосся). В.А. Кумаковим був запропонований метод оцінки внеску всіх асимілюючих органів у фотосинтетичній діяльності рослин пшениці. Він заснований на аналізі структури їхнього фотосинтетичного потенціалу (ФП), тобто сумарної асиміляційної поверхні за окремі періоди і за весь вегетаційний період. Підставою для застосування цього методу служить той факт, що з усіх фотосинтетичних показників урожай рослини тісніше всього корелює з потужністю асиміляційного апарата, тобто з величиною фотосинтетичного потенціалу.

Якщо результати визначення ФП окремих органів зобразити графічно (рис. 5), то можна ясно представити склад працюючого асиміляційного апарата за будь-який відрізок часу.

Встановлено, що в цілому за вегетацію на долю листових пластинок приходить менше половини усього ФП головного пагона, а за період від колосіння до збирання частка листків лише незначно перевищує 1/4 ФП пагонів.

При аналізі приросту біомаси використовується і величина $E_{n,\phi}$, яка дорівнює

$$E_{n,\phi} = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{\Delta M}{\Delta t}, \quad (38)$$

де L_0 – середня сумарна площа листя рослини за період Δt .

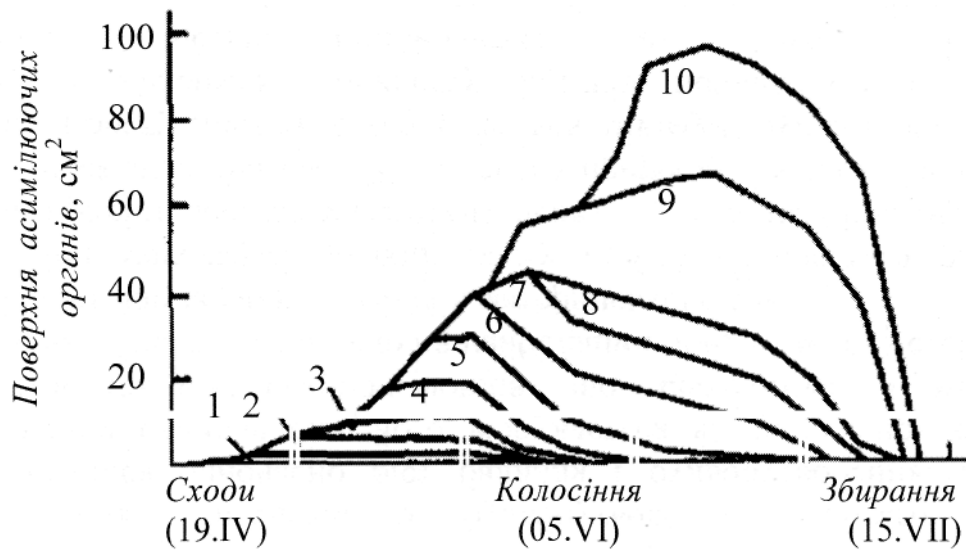


Рис. 5 – Структура ФП ярої пшениці сорту Альбідум 43 (Є.І. Кошкін, Г.Г. Гатауліна та ін., 2005).
1 – 8 листя, 9 – соломину, 10 – колос.

Величина $E_{п.ф}$ названа А.А. Ничипоровичем *чистою продуктивністю фотосинтезу посівів*. Вона широко використовується для характеристики фотосинтетичної активності листкової поверхні.

Вивченню чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) як важливої складової урожаю пшениці приділяється велика увага. У цього показника три основні переваги:

- він визначається за тривалі проміжки часу, протягом яких коливання, пов'язані з ростовим станом листя, ярусною мінливістю, короткочасними змінами погодних умов та інших причин, згладжуються й елемент випадковості зводиться до мінімуму;

- до вивчення залучається велика кількість рослин, що дозволяє одержувати статистично достовірні дані;

- визначення ЧПФ не вимагають газометричних приладів, як при вимірюванні інтенсивності фотосинтезу, і більш доступні в польових умовах. ЧПФ характеризує власне не фотосинтез у чистому вигляді, а добову різницю між фотосинтезом і диханням цілої рослини (не листка), віднесена до одиниці листкової поверхні.

Розрахунок ЧПФ широко використовують у дослідженнях, тому що він дає узагальнене і добре порівнюване по варіантах, фазах розвитку, роках і т.д. уявлення про питому продуктивність асиміляційного апарату (рис. 6).

З поліпшенням умов живлення і водопостачання пшениці підвищуються інтенсивність фотосинтезу і продуктивність рослин, що супроводжується збільшенням показників ЧПФ.

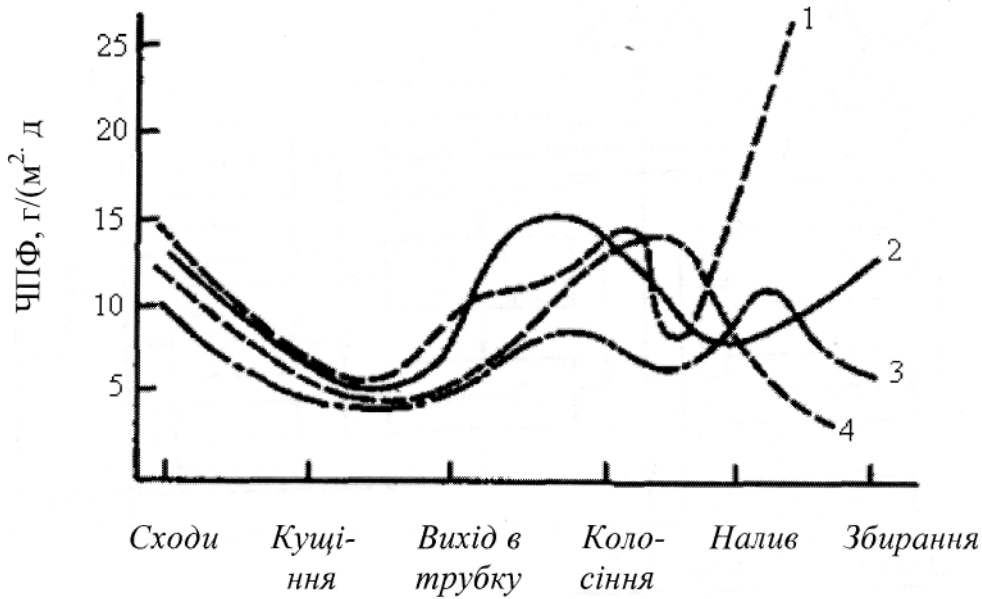


Рис. 6 – Динаміка ЧПФ фаз розвитку ярої пшениці Саратовська 29 за чотири різних роки дослідження (Є.І. Кошкін, Г.Г. Гатауліна та ін., 2005).

В період вегетативного росту і при оптимальних умовах збільшення структурної маси відбувається пропорційно самій масі (стадія експонентного росту). Ріст окремих органів рослини в оптимальних умовах протягом всього онтогенезу має характерні для даного виду закономірності, задані генетичним кодом рослини. При недостатці якої-небудь фондової речовини ріст обмежений і пропорційний концентрації фондової речовини. При повних фондах лімітування росту фондами відсутнє.

Крім фондів вуглеводів і N, P, K, істотний вплив на ріст мають температура і водний режим рослин. Ріст відбувається у визначеному температурному інтервалі, а всередині цього інтервалу при оптимальній температурі ріст досягає максимальної швидкості.

При великих значеннях водного потенціалу ϕ_k k -го органа вода не лімітує його ріст, однак при погіршенні водного режиму рослин (ϕ_k зменшується) ріст буде загальмований і припиниться, якщо ϕ_k досягне деякого критичного значення $m_{кр}$. З огляду на все вищевикладене, ріст структурної маси k -го органа рослини m_{sk} можна описати наступним емпіричним рівнянням (З. Бихеле, Х. Молдау, Ю. Росс)

$$\frac{dm_{sk}}{d\tau} = \frac{g_k(t) f_T(T_k) f_W(k) m_{sk}}{1 + \frac{1}{a_C x_k^{(C)}} + \frac{1}{a_N x_k^{(N)}} + \frac{1}{a_P x_k^{(P)}} + \frac{1}{a_K x_k^{(K)}}}, \quad (39)$$

де $f_T(T_k)$ – температурна функція росту, причому $f_T = 0$ на крайніх точках

температурного інтервалу росту і $f_T = 1$ при оптимальній температурі росту; функція $f_w (k)$ є спадною і враховує вплив водного режиму рослини на його ріст, причому $0 \leq f_w \leq 1$;

функція $g_k(\tau)$ визначає максимальну швидкість росту при відсутності лімітуючих факторів, і хід функції визначається генетичним кодом;

функції f_T і f_w – безрозмірні; функція g_k виражена в 1/с;

$\frac{1}{a x_k^{(j)}}$ – члени, які характеризують залежність росту структурної маси від

концентрації фондів вуглеводів і N, P, K;

a_j – емпіричні постійні, виражені в грамах структурної маси × (грам фондової маси)⁻¹.

1.1.4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР РІЗНОГО РІВНЯ

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 фотосинтетичний 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]:

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 [1].

На основі концепції максимальної продуктивності Тоомінга Х. Р. [1] і результатів моделювання формування врожаю, отриманих в роботах А.М. Польового [1], 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 [1].

Модель має блокову структуру і містить шість блоків (рис. 7):

- 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.



Рис. 7 – Блок – схема базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів

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;

- 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.

Блок показників сонячної радіації і волого - температурного режиму

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

$$Q_0^j = Q_{\max}^j \cdot (1 - 0.38 \cdot (1 + N) \cdot N), \quad (40)$$

де Q_0^j - сумарна сонячна радіація, що надходить на горизонтальну поверхню, кал/(см²·д);

Q_{\max} - максимально можлива сумарна сонячна радіація, кал/(см²·д);

N - середня за декаду загальна хмарність;

j - номер розрахункової декади.

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

$$E_0^j = 0.65 \cdot \Delta WW^j \cdot dv^j \cdot 0.75, \quad (41)$$

де ΔWW - середній за декаду дефіцит насичення повітря;

dv - кількість днів в розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко

$$E^j = \frac{2W^j + O_s^j + P_{\text{нор}}^j}{1 + \frac{1W_{\text{HB}}}{E_0^j}}, \quad (42)$$

де E - сумарне випаровування, мм;

$P_{\text{нор}}$ - норма вегетаційних поливів, м³/га;

W_{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:

$$F_{ilt}^j = W^j + O_s^j + P_{nor}^j - E^j - W_{HB}, \quad (43)$$

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

Розрахунок запасів продуктивної вологи виконується за рівнянням водного балансу

$$W^{j+1} = W^j + O_s^j + P_{nor}^j - E^j - F_{ilt}^j, \quad (44)$$

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

$$\alpha_\phi^j = \exp \left[-a_\phi \cdot \left(\frac{TS_2 - \sum t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (45)$$

в якій величина α_ϕ визначається з виразу

$$\alpha_\phi = \frac{-100(1n)\alpha_\phi^0}{(\sum t_1)^2}, \quad (46)$$

де α_ϕ – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

α_ϕ^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

$$\Psi_{\delta} = \begin{cases} 1.37 \cdot \sin(0.077 \cdot x_1^j), \text{ i\ddot{d}\ddot{e}} (t^j - t_0) < t_{opt1}^j \\ 1, \text{ i\ddot{d}\ddot{e}} t_{opt1}^j \leq (t^j - t_0) \leq t_{opt2}^j \\ 1.13 \cdot \cos(1.570 \cdot x_2^j), \text{ i\ddot{d}\ddot{e}} (t^j - t_0) > t_{opt2}^j \end{cases}, \quad (47)$$

де Ψ_{ϕ} – 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.

$$x_1^j = (t_x^j - t_0) / (t_{opt1}^j - t_0), \quad (48)$$

$$x_2^j = (t_x^j - t_{opt2}^j) / (t_{max}^j - t_{opt2}^j), \quad (49)$$

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

$$t_{opt1}^j = 15.40 + 20.93x_3^j - 20.09(x_3^j)^2 \quad (50)$$

$$t_{opt2}^j = 18.49 + 18.53x_3^j - 17.52(x_3^j) \quad (51)$$

$$x_3^j = \frac{t^j}{\sum t_{req}}, \quad (52)$$

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

Функція впливу температури повітря на фотосинтез Ψ змінюється від 0 до 1.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез (γ_{ϕ}) визначається за формулою

$$\gamma_{\phi} = \begin{cases} -1.163 \cdot (x_3^j)^2 + 2.187 \cdot x_3^j, \\ \text{при } W^j < W_{opt1}^j, 1, \text{ при } W_{opt1}^j \leq W^j \leq W_{opt2}^j, \\ -0.654 + 3.824 \cdot x_4^j - 2.633 \cdot (x_4^j)^2 + 0.467 \cdot (x_4^j)^3, \\ \text{при } W^j > W_{opt2}^j \end{cases} \quad (53)$$

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

W_{opt1} – нижня межа оптимальних запасів вологи;

W_{opt2} – верхня межа оптимальних запасів вологи.

$$x_3^j = W^j / W_{opt1}^j \quad , \quad (54)$$

$$x_4^j = W^j / W_{opt2}^j \quad . \quad (55)$$

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

$$FM = \left(\gamma_{\delta}^j \cdot \frac{E^j}{E_0} \right)^{0.5} \quad , \quad (56)$$

де FM – відносна вологозабезпеченість посівів.

Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням

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

$$G_{um} = k_{er}^G \cdot G_{um} \quad , \quad (57)$$

$$F_{G_{um}} = \frac{G_{um}}{G_{um_{opt}}} \quad , \quad (58)$$

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 [1] для розрахунку забезпеченості елементами мінерального живлення

$$FM_{G_{um}} = (F_{G_{um}})^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_{G_{um}})] \quad , \quad (59)$$

де $FW_{G_{um}}$ – 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

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}} \quad , \quad (60)$$

$$FM_N^j = \{(F_N)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_N)]\} \cdot k_{ef}^j \quad , \quad (61)$$

$$F_p = \frac{P_m}{P_{opt}} \quad , \quad (62)$$

$$FM_p^j = \{(F_p)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_p)]\} \cdot k_{ef}^j \quad , \quad (63)$$

$$F_K = \frac{K_m}{K_{opt}} \quad , \quad (64)$$

$$FM_K^j = \{(F_K)^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_K)]\} \cdot k_{ef}^j \quad , \quad (65)$$

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

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1, \text{при } W^j / W_{opt}^j \geq 0.85 \\ 0.8, \text{при } 0.70 < W^j / W_{opt}^j < 0.85 \\ 0.6, \text{при } W^j / W_{opt}^j \leq 0.70 \end{cases} \quad , \quad (66)$$

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

$$F_{O_{rg}} = \frac{O_{rg}}{O_{rg_{opt}}}, \quad (67)$$

$$FW_{O_{rg}}^j = \left\{ (F_{O_{rg}})^{1.35} \cdot \exp[1.1 \cdot (1 - F_{O_{rg}})] \right\} \cdot k_{ef}^j \cdot k_{O_{rg}}^g, \quad (68)$$

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

$$FW_{ef}^j = \min \left\{ FW_{O_{rg}}^j, FN_N^j, FW_P^j, FW_k^j \right\}, \quad (69)$$

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

Блок агроекологічних категорій врожайності. 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 ΦAP і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації

$$\frac{\Delta ПВ^j}{\Delta t} = \alpha_{\phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\Phi AP}^j \cdot dv^j}{q}, \quad (70)$$

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

α_{ϕ} – онтогенетична крива фотосинтезу;
 η – ККД посівів;
 $Q_{\phi ap}$ – інтенсивність ФАР;
 $d\nu$ – 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.:

$$\frac{\Delta MMB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta PIB^j}{\Delta t} \cdot FTW2, \quad (71)$$

де $\frac{\Delta MMB^j}{\Delta t}$ – 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

$$\frac{\Delta DMB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta MMB^j}{\Delta t} \cdot B_{III} \cdot F_{G_{um}}, \quad (72)$$

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

B_{III} – бал ґрунтового бонітету.

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

$$\frac{\Delta UB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta DMB^j}{\Delta t} \cdot k_{земл} \cdot FW_{ef}^j, \quad (73)$$

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

$$PB_{зерна} = PB \cdot K_{зосп} \cdot 1.14 \cdot 0.1 \quad (74)$$

$$MMB_{зерна} = MMB \cdot K_{зосп} \cdot 1.14 \cdot 0.1 \quad (75)$$

$$DMB_{зерна} = DMB \cdot K_{зосп} \cdot 1.14 \cdot 0.1 \quad (76)$$

$$UB_{зерна} = UB \cdot K_{зосп} \cdot 1.14 \cdot 0.1 \quad (77)$$

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 ΦAP в середині посіву при інтенсивному розвитку вегетативної маси рослин, великої висоти рослин і недостатні забезпеченості рослин поживними речовинами при високій вологості ґрунту [78].

Мінеральні елементи при подрібненому і диференціальному вживанні підвищують $K_{земл}$ і якість урожаю [1]. 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:

$$\eta_{хоз} = \frac{qm_{хоз}}{\sum Q_{\phi}}, \quad (78)$$

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

q – калорійність урожаю;

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

Таким чином, $\eta_{хоз}$ – це частка ΦAP , 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:

$$\eta_{хоз} = \eta K_{хоз}. \quad (79)$$

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:

$$K_{\delta i \zeta} = \left[-0.43 + 6.702 \cdot 10^{-4} \cdot \dot{I}_{\delta i \zeta} - 4.171 \cdot 10^{-7} (\dot{I}_{\delta i \zeta})^2 + 8.889 \cdot 10^{-11} \cdot (\dot{I}_{\delta i \zeta})^3 \right] \cdot t_{K_{\delta i \zeta}} \quad (80)$$

$$t_{K_{хоз}} = -4.648 + 0.536 \cdot \overline{t_{B.П.}} - 0.13(\overline{t_{B.П.}})^2, \quad (81)$$

де $t_{K_{хоз}}$ – функція впливу температури повітря на рівень ;
 $t_{в.п.}$ – середня за період вегетації температура повітря.

Формули (3.31 – 3.42) дозволяють визначити різні агроекологічні категорії врожайності різних культур

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*

$$K_m = ММВ/ПВ \quad , \quad (82)$$

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

$$K_{п} = ДМВ/ММВ \quad , \quad (83)$$

де $K_{п}$ – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн. од.

$$K_{ар} = УВ/ММВ \quad , \quad (84)$$

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

$$K_{земл} = УВ/ДМВ \quad , \quad (85)$$

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

$$K_{агро} = УВ/ПВ \quad , \quad (86)$$

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

Підвищення рівня *УВ* і доведення його до *ДМВ* 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 *ДМВ*

до *ММВ* вимагає роботи щодо підвищення родючості ґрунту. Різниця між *ММВ* 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.

1.2.Перелік навчальної літератури

Основна

1. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Біологічні і екологічні основи продуктивності агроecosystem. – Одеса.: ТЕС, 2016. – 280 с.
2. Божко Л.Ю., Жигайло О.Л. Біологічні основи формування кількості і якості врожаїв. – Одеса. Екологія.: -176 с.
3. Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 230с.
4. Паламарчук В.Д. і інші. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. – Вінниця, 2013. -724 с.
5. Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур. – Київ.: Ніка – Центр, 2010. – 586 с.
6. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. –Одеса.: ТЕС, 2012. -630 с.
7. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агро екосистем. –Київ : КНТ, 2007. – 344 с.
8. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози.-Київ, КНТ, 2007. – 296 с.
9. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200с.

Додаткова

1. Платонов В.А., Чудновский А.Ф. Моделирование агрометеорологических условий и оптимизация агротехники. – Л.: Гидрометеиздат, 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., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. – Одеса: ТЕС, 2002. – 400 с.

1.3.Перелік базових знань та умінь

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

- основні причини коливання врожаїв сільськогосподарських культур у різних регіонах України;
- основні методи розрахунку мінливості врожаїв по території і в часі;
- основні закономірності впливу екологічних факторів на продуктивність сільськогосподарських культур;
- основні складові формування продуктивного процесу;
- вплив агрометеорологічних умов на продуктивність рослин під час їх дії в різні періоди їх розвитку;
- механізми формування властивостей урожаю;
- структуру урожаю;
- основні закономірності формування врожаїв сільськогосподарських культур;
- методи розрахунку агрометеорологічних показників формування урожаю;
- методи розрахунку екологічних рівнів врожаїв сільськогосподарських культур.

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.

1.4 Організація навчального процесу

При вивченні теоретичного матеріалу рекомендується:

- користуватись навчальною та методичною літературою, яка наведена у п. 1.2. Крім того в підрозділі 1.1.1 – 1.1.4 наводиться короткий зміст теоретичної частини кожної теми;

- для самоперевірки засвоєння теоретичного матеріалу відповіді на запитання контрольних тестів, які наводяться наприкінці кожної теми;
 - виконати контрольну роботу;
- при виникненні питань під час вивчення дисципліни або виконання контрольної роботи звертатись до викладача, який читав установчі лекції, або зателефонувати на кафедру за тел. 32-67-45, або електронною поштою за адресою: **agro@ogmi.farlep.odessa.ua**.

2. Організація самостійної роботи студентів

2.1 Загальні рекомендації до вивчення теоретичного матеріалу

При вивченні теоретичного матеріалу рекомендується користуватись положенням 1.4 чинних методичних вказівок.

2.1.1 Рекомендації щодо вивчення першої теми «Методи оцінки коливання врожайності сільськогосподарських культур».

Зі змістом матеріалу за темою можна ознайомитись у розділі 1.1.1 чинних методичних вказівок та у [1], відповідно розділ 3, підрозділ 3. 6, стор.67; та у [1] розділ 5 стор. 91.

При вивченні теми 1 необхідно звернути увагу на такі базові знання:

- основні складові формування врожаю;
- основні причини коливання врожаїв сільськогосподарських культур у різних регіонах України;
- методи розрахунку показників мінливості врожаїв в просторі та часі.

Закріплення знань та вмінь здобутих при вивченні будь-якої теми здійснюється за допомогою відповідей на питання для самоперевірки .

Питання для самоперевірки за темою 1:

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?

2.1.2 Рекомендації щодо вивчення другої теми: «Методи розрахунків агрометеорологічних показників формування продуктивності рослин»

Зі змістом матеріалу за темою можна ознайомитись у розділі 1.1 2 чинних методичних вказівок та у [1], відповідно розділ 4, стор. 78-81, 82 -97,119-131.

При вивченні теми 2 необхідно звернути увагу на такі базові знання:

- визначення бонітету клімату;
- закономірності впливу екологічних факторів на формування продуктивності сільськогосподарських культур;
- основні закономірності впливу погодних умов на агротехніку вирощування сільськогосподарських культур;
- методи розрахунку показників екологічних факторів впродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

Питання для самоперевірки за темою 2

1. Дайте визначення «плодотворності клімату».
2. Перелічте складові урожаю.
3. Із яких видів радіації складається сумарна радіація?
4. Що називається фотосинтетично активною радіацією?
5. Що називається ККД посівів? В яких межах він може змінюватись?
6. Які екологічні категорії врожаїв Ви знаєте?
7. Що таке продуктивність рослин?
8. Як впливає рівень забезпечення ґрунту вологою на формування врожаїв?
9. Які фактори формування врожаю вважаються лімітуючими?
10. Із яких фундаментальних процесів складається продуктивність рослин?

2.1.3 Рекомендації щодо вивчення третьої теми: «Методи оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності агроєкосистем».

Зі змістом матеріалу за темою можна ознайомитись у розділі 1.1.3 чинних методичних вказівок та у [1], відповідно розділ 5, стор. 186 – 193.

При вивченні теми 3 необхідно звернути увагу на такі базові знання:

- загальну характеристику продукційного процесу;
- основні складові фундаментального процесу продуктивності рослин;
- узагальнені показники продуктивного процесу;
- методи визначення господарської ефективності урожаю.

Питання для самоперевірки матеріалу теми 3.

1. В чому полягає принцип максимальної продуктивності посівів?
2. Що використовується для оцінки потенційної продуктивності рослин?
3. Що означає поняття « узагальнені показники фотосинтетичної діяльності рослин?»

4. Що приймається за показник фотосинтетичної роботи посівів?

2.1.4 Рекомендації щодо вивчення четвертої теми: «Методи розрахунків агроекологічних врожаїв сільськогосподарських культур різного рівня».

Зі змістом матеріалу за темою можна ознайомитись у розділі 1.1.4 чинних методичних вказівок та у [1] відповідно розділ 5, стор. 199 – 205.;

При вивченні теми 4 необхідно звернути увагу на такі базові знання:

2.2 Перелік завдань на контрольну роботу

2.2.1 Загальні поради що до виконання контрольної роботи

1. За допомогою навчальної та методичної літератури, список якої наведено у попередній частині чинних Методичних вказівок, та рекомендацій, які сформульовані у п. 2.1 (дивись вище), необхідно вивчити зміст теоретичної частини кожної з 4-ох тем дисципліни. Самоперевірка засвоєння знань здійснюється за допомогою “*Запитань для самоперевірки*”, які наводяться наприкінці рекомендацій що до вивчення кожної теми.
2. Після засвоєння теоретичного матеріалу необхідно виконати контрольну роботу, яка включає завдання 1 - з теоретичної частини дисципліни і завдання 2 - з практичної частини.

2.2.2 Контрольна робота

У п. 2.2.2 наведені 5 варіантів контрольних завдань.

Варіант 1.

Завдання 1. Відповісти на запитання.

1. Що називається екологічною системою?

А – екологічна система – об’єкт із багатьох сотень організмів і має здатність до накопичення та багаторазового використання речовини і енергії.

Б – системи, які утворились під впливом антропогенної дії.

В - екологічна система сільськогосподарського поля.

2. Сукупна дія яких факторів формує урожай?

А – урожай є продуктом біологічного максимуму, родючості ґрунту, плодотворності клімату, антропогенного впливу.

Б – волого температурний інтервал життєвого циклу рослини.

В – це температурний інтервал життєвого циклу;

Г – це температурний діапазон для достатнього балансу речовин

4. Що впливає на продуктивний процес рослин?

А - продуктивний процес рослин – це поєднання фундаментальних процесів фотосинтезу, дихання і росту

Б - продуктивний процес залежить від архітектоніки посіву, газообміну та транспірації;
В - продуктивний процес залежить від надходження асимілятів;
Г - продуктивний процес залежить від вологості ґрунту і живлення мінеральними речовинами.

5. За яких умов формується найвища продуктивність посівів?

А – при формуванні оптимального фотосинтетичного апарату, оптимальному співвідношенні чинників навколишнього середовища з потребою рослин .;
Б - оптимальному співвідношенні чинників навколишнього середовища з потребою рослин та оптимальним мінеральним живленням;.;
В - при формуванні оптимальної площі листя та оптимальних значень чинників навколишнього середовища;
Г - оптимальному співвідношенні чинників навколишнього середовища з потребою рослин.

6. Чим обмежується діапазон дії екологічного фактора?

А – обмежений відповідними крайніми граничними значеннями фактора, при яких можливе існування рослин.
Б – діапазон дії фактора не обмежується;
В – діапазон дії обмежується екстремальними значеннями екологічного фактора;
Г – діапазон дії обмежується лімітуючи ми значеннями фактора.

7. В чому полягає закон спільної дії факторів?

А – величина урожаю рослин залежить від усієї сукупності факторів одночасно;
Б – величина урожаю рослин залежить від лімітую чого фактора;
В – величина урожаю рослин залежить від значень факторів в критичний період розвитку рослин;
Г - величина урожаю рослин залежить від значень лімітую чого фактора в критичний період розвитку рослин.

8. Що впливає на температуру повітря у рослинному покриві?

А – температура повітря над травостоєм, прихід сонячної радіації, температура поверхні ґрунту; рослинний покрив;
Б – прихід сонячної радіації і температура поверхні ґрунту; фази розвитку рослин;
В – випромінювання ґрунту, транспірація рослин і сонячна радіація;
фази розвитку рослин;
В – сонячна радіація, фази розвитку рослин, пора року.

9. Під дією яких факторів формується потенційний урожай культур?

А – під дією надходження сонячної радіації;
Б – під дією термічного фактора;
В – під дією зволоження ґрунту;
Г – під дією комплексу факторів.

10. Від чого залежить добовий хід радіаційного балансу підстильної поверхні.?

А – від умов хмарності;
Б – потоку тепла в ґрунт;
В – випромінювання тепла в повітря;
Г – витрат тепла на випаровування.

Завдання 2. Розрахувати лінію тренду двома методами: а) методом найменших квадратів та б) методом гармонічних зважуваль

а) 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.

Б) 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.2.1

Таблиця 2.1 – 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
	$Y_{cp} = \sum / n$					

Варіант 2.

Завдання 1 – відповісти на запитання.

1. Якими величинами характеризується мінливість врожаїв у просторі та часі?

- А – коефіцієнтом варіації метеорологічної складової;
- Б – середньоквадратичним відхиленням, коефіцієнтом варіації;
- В – середньою багаторічною величиною;
- Г – середньоквадратичним відхиленням.

2. Охарактеризуйте поняття «Сільськогосподарська продуктивність клімату».

А – це можливості атмосфери і підстильної поверхні за сукупністю кліматичних умов забезпечувати певний рівень родючості ґрунту і врожаю с/г культур.

Б – це можливості кліматичних умов забезпечувати певний рівень родючості ґрунту і врожаю с/г культур.

В – це мезомасштабні кліматичні фактори.

Г – це особливості рельєфу.

Г – це рівень сонячної радіації.

3. Під впливом яких факторів формується метеорологічно можливий врожай?

А – під впливом усіх складових клімату;

Б – під впливом тепло та волого забезпечення і;

В – під впливом усіх складових клімату і родючості ґрунту;

Г – під впливом усіх складових клімату і рівнем культури землеробства

4. Що називається абіотичною частиною агроєкосередовища?

А – середовище мешкання рослин і тварин;

Б – вуглеводи, вода мінеральні речовини;

В – повітряне і ґрунтове середовище;

Г – теплове випромінювання атмосфери.

5. Під впливом яких елементів формується температурне поле в ґрунті?

А – під впливом рослинного покриву, радіаційного режиму РП, стану РП та теплофізичних характеристик ґрунту і повітря;

Б – під впливом рослинного покриву, теплофізичних характеристик ґрунту; хмарності;

В – під впливом сонячної радіації та теплофізичних характеристик ґрунту;

Г – під впливом теплофізичних характеристик ґрунту і повітря;

6. В якому інтервалі спектра сонячної радіації знаходиться фотосинтетично активна радіація?

А – в інтервалі довжини хвиль 380 – 7120 нм;

Б – в інтервалі довжини хвиль 290 – 380 нм;

В – в інтервалі довжини хвиль 710 – 4000 нм;

Г – в інтервалі довжини хвиль 4000 – 100000 нм.

7. Який період в житті рослин вважається періодом активної вегетації?

А – від сівби насіння до збирання врожаю;

Б – від сходів до збирання врожаю;

В – від переходу температури повітря через 5 ° навесні до переходу температури повітря через 5 ° восени;

Г – від переходу температури повітря через 10 ° навесні до переходу температури повітря через 10 ° восени;

8. Що називається амплітудою температур?

А – Різниця між максимумом і мінімумом у добовому або річному ході температур;

Б – Різниця між максимумом і мінімумом температури за між фазний період;

В – Різниця між максимумом і мінімумом температури за вегетаційний період;

Г – Різниця між максимумом і мінімумом температури в цілому.

9. Від чого залежить склад і режим повітряного і ґрунтового середовища?

А – від внутрішніх компонентів агроєкосистеми, зовнішніх атмосферних та ґрунтових процесів;

Б – від перенесення сонячної радіації, її поглинання, та умов навколишнього середовища;

В – від умов навколишнього середовища;

Г – від умов режиму вуглекислого газу.

10. Як впливає сонячна радіація на рослини?

А – ефект впливу відзначається у трьох напрямках: тепловий ефект, фотосинтетичний ефект, фотоморфогенетичний ефект;

Б – поглинена рослинами сонячна енергія використовується для транспірації, для підтримки температури рослин та ін;

В - поглинена рослинами сонячна енергія використовується в процесі фотосинтезу для створення органічних речовин;

Г – поглинена рослинами сонячна енергія використовується в процесі росту і розвитку рослин.

Завдання 2 . А) За даними тривалості сонячного сяйва і відносної площі листя озимої пшениці (табл.2.3) розрахувати інтенсивність ФАР у посіві за кожну добу 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 , $m^2 \cdot m^{-2}$	SS , год.	Q , кал·см ⁻² · доб ⁻¹	δ , град	τ_d , год.	Q_o , кал·см ⁻² · хв ⁻¹	$Q_{фар}$, кал·см ⁻² · 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: $A = 0,73^0$ $0,006=0,004$ $B=0,68$ $1=0,68$ $\sin h_o=0,684$

Завдання 2. Б). Розрахувати *ККД* кукурудзи в період листоутворення, якщо: $q = 17,6$ кДж/г; $U=0,286$ г/см²; $Q = 464,6$ МДж/м².

Завдання 2. В).. Розрахувати чисту продуктивність фотосинтезу за декаду якщо маса рослин на початку декади становила 232 г/м², наприкінці декади - 246 г/м², площа листя відповідно 3,9 та 5,9 м²/м², кількість днів у декаді 10.

Варіант 3.

Завдання 1. Відповісти на запитання.

1. В чому полягає концепція програмування врожаю Шатілова?

А – концепція заснована на уявленнях про вплив окремих факторів в поєднанні з технічними засобами на формування врожаю.

Б - концепція заснована на уявленнях про вплив на врожай автоматизованих технологій.

В - концепція заснована на уявленнях про вплив на врожай тільки використання сонячної радіації.

Г - концепція заснована на уявленнях про вплив на врожай основних законів землеробства.

2. Основні показники радіаційного режиму посівів?

А – тепловий ефект радіації, фотосинтетичний ефект радіації, фотоморфогенетичний ефект радіації;

Б – біофізичний ефект сонячної радіації;

В - фото біологічно ефект радіації;

Г - біофізичний ефект.

3. Що називається тепловим режимом атмосфери?

А – тепловим режимом атмосфери називається характер розподілу і зміни температури в атмосфері.

Б – тепловим режимом атмосфери називається теплообмін з навколишнім середовищем;

В – тепловим режимом атмосфери називається перенесення тепла між діяльною поверхнею і атмосферою;

Г температура приземного шару атмосфери.

4. В чому проявляється сумісний вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на ріст рослин?

А – проявляється в їх розмірах, формі і морфологічній структурі.

Б – проявляється в прирості фіто маси.

В – проявляється у вимогах до навколишнього середовища.

Г – проявляється у елементах мінерального живлення.

5. Який найбільш впливовий фактор на температуру повітря всередині рослин?

А – Транспірація рослин, її мінливість з часом; інерційність теплообміну;

Б – Температура приземного шару повітря;

В – Теплообмін між ґрунтом та приземним шаром повітря;

Г – Щільність травостою.

6. Який показник використовується для характеристики забезпечення рослин вологою?

А – Для оцінки водопостачання рослин використовується поняття продуктивна волога.

Б – Для оцінки водопостачання рослин використовується поняття вміст загальної вологи в ґрунті;

В – Для оцінки водопостачання рослин використовується поняття найменша вологомісткість;

Г – Для оцінки водопостачання рослин використовується поняття максимальна гігроскопічність.

7. Як формуються запаси продуктивної вологи в холодну пору року?

А - формування запасів продуктивної вологи взимку відбувається за рахунок опадів, талих вод та пересування вологи всередині ґрунту під впливом кристалізації.

Б – формування запасів продуктивної вологи взимку відбувається за рахунок опадів і талих вод;

В – формування запасів продуктивної вологи взимку відбувається за рахунок пересування вологи всередині ґрунту.

Г – формування запасів продуктивної вологи взимку відбувається за рахунок снігу.

8. Яким фактором обмежується формування дійсно можливої врожайності?

А – формування дійсно можливої врожайності обмежується рівнем природної родючості ґрунту;

Б – формування дійсно можливої врожайності обмежується мінеральним живленням рослин;

В – формування дійсно можливої врожайності обмежується тепло забезпеченістю території;

Г – формування дійсно можливої врожайності волого забезпеченням території.

9. Що характеризує коефіцієнт господарської ефективності урожаю?

А – відношення кількості сухої фітомаси господарської частини врожаю до загальної сухої фітомаси;

Б – відношення кількості фітомаси господарської частини врожаю до загальної фітомаси;

В – відношення кількості господарської частини врожаю до загальної маси рослин;

Г – відношення кількості сухої фітомаси господарської частини врожаю до площі листя.

10. Як розраховується ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури?

А - як відношення метеорологічно можливого урожаю до потенційного урожаю;

Б - як відношення метеорологічно можливого урожаю до дійсно можливого урожаю;

В - як відношення метеорологічно можливого урожаю до урожаю у виробництві;

Г - як відношення метеорологічно можливого урожаю до фактичного урожаю;

Завдання 2. 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 (Ψ);

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 сьйва (ss), запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см ($W(0)$).

4 – параметри моделі для розрахунку: біологічний нуль культури (T_0), сума ефективних температур за період вегетації ($\sum t_{ef}$), сума ефективних температур від відновлення вегетації до колосіння; ($\sum t_{max1}$), 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}^{ϕ}).

Для розрахунків на ПЕОМ створюється файл даних, ім'я файла «Foto 10.dat»

Вхідна інформація вводиться в програму для розрахунку в 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; Ψ – 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 гранту, 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 нуль 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;

$inf(6)$ – κ – 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}^{ϕ} – оптимальна температура процесу фотосинтезу

Приклад загального вигляду 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. Скласти аналіз отриманих розрахунків і графіків.

Варіант 4 .

Завдання 1 - Відповісти на запитання .

1. Як змінюється ФАР при попаданні всередину рослинного покриву?

А – При проникненні ФАР всередину рослинного покриву проходить зменшення її інтенсивності в залежності від висоти рослинного покриву, кутової орієнтації листя, розподілу гущини рослинного покриву щодо вертикалі, товщини і форми листя та ін.

Б – При проникненні ФАР всередину рослинного покриву величина її не змінюється.

В – При проникненні ФАР всередину рослинного покриву вона збільшується.

Г – При проникненні ФАР всередину рослинного покриву вона спочатку збільшується потім зменшується.

2. Що означає поняття температурні межі життя рослин?

А – це найвищі і найнижчі температури, які може витримати рослина.

Б - це достатня кількість тепла для життя рослини;

В – це температурний інтервал життєвого циклу;

Г – це температурний діапазон для достатнього балансу речовин

3. Із яких шарів складається система «ґрунт – рослина – атмосфера»?

А – із 6 шарів: зовнішня зона 1, буферна зона 1, ґрунтове середовище, атмосферне середовище агроєкосистеми, буферна зона 2, зовнішня зона 2.;

Б – із 2 шарів: внутрішнє середовище, зовнішнє середовище,

В – із 4 шарів 6 буферна зона 1, буферна зона 2 , ґрунтове середовище, атмосферне середовище агроєкосистеми;

Г – із 3 шарів : атмосферного, ґрунтового та фітоценозу

4. Від чого залежать запаси продуктивної вологи в теплу пору року?

- А – залежить від кількості та розподілу опадів у часі, від температурного режиму, стану поверхні ґрунту, міри розвитку рослин та їх виду, глибини залягання ґрунтових вод;
Б – залежить від кількості та розподілу опадів, транспірації та сумарного випаровування;
В – залежить від кількості та розподілу опадів, міри розвитку рослин та їх виду;
Г – міри розвитку рослин та їх виду, температурного режиму та стану поверхні ґрунту.

5. Як розраховується коефіцієнт використання агрокліматичних ресурсів?

- А – як відношення урожаю у виробництві до метеорологічно можливого врожаю;
Б – як відношення урожаю у виробництві до потенційного врожаю;
В – як відношення урожаю у виробництві до дійсно можливого врожаю;
Г – як відношення урожаю у виробництві до метеорологічно можливого врожаю;

6. Що називається показником потенційної біологічної продуктивності?

- А – біокліматичний потенціал;
Б - показник потенційних можливостей сільськогосподарського виробництва;
В – відношення коефіцієнта зволоження до сум температур вище 10 °;
Г - відношення фактичної суми температур до базисної.

7. Скільки етапів органогенезу відбувається в рослинах впродовж вегетаційного періоду?

- А – 12 етапів органогенезу; Б – 9 етапів органогенезу;
В – 6 етапів органогенезу; Г – 14 етапів органогенезу.

8. Від чого залежить тривалість етапів органогенезу?

- А - від трьох груп факторів:– мікро метеорологічні, ґрунтові, біотичні;
Б – від освітлення, температури та вологості приземного шару повітря, вмісту в ньому CO₂ та O₂;
В – температури, вологості, аерації ґрунту, фізико-механічних властивостей
Г – густоти популяції, фізіологічні та інші характеристик.

9. Що означає поняття «екологічні фактори»?

- А - це ті елементи середовища мешкання, які для конкретних видів чи співтовариств не байдужі (світло, тепло, повітря, інші організми і т. ін.);
Б – сонячна радіація, інтенсивність атмосферних опадів, атмосферний тиск, швидкість вітру, швидкість течії і т. ін.;
В – численність і біомаса популяцій, запаси різних речовин, характеристика приземного шару повітря, водної та ґрунтової маси;
Г – всі фактори навколишнього середовища.

10. Від чого залежить склад і режим повітряного і ґрунтового середовища?

- А – від внутрішніх компонентів агроєкосистеми, зовнішніх атмосферних та ґрунтових процесів;
Б – від перенесення сонячної радіації, її поглинання, та умов навколишнього середовища;
В – від умов навколишнього середовища;
Г – від умов режиму вуглекислого газу.

Завдання 2. Використовуючи модель А.М. Польового для розрахунку агроєкологічних категорій врожаїв різного рівня, та програму для ПЕОМ розрахувати всі агроєкологічні категорії врожаїв: ПУ, ММУ, ДВУ, УВ та всі оцінки умов формування врожаїв. Для розрахунку створюється файл , який готується в тому ж порядку, що і в завданні 2.4

розділу 2. Після розрахунків побудувати динаміку всіх категорій врожайності та волого температурного режиму і проаналізувати.

 A G R O K L I M A T I C H E S K A J M O D E L
 O Z I M A J P S C H E N I Z A
 (U K R A I N A)

 W X O D N A J I N F O R M A Z I J

Charkov SR
 11 59 10 2 45.68
 Zapasi vlagi v sloe pochvi 0-100 sm (mm):
 113.000 112.000 116.000 108.000 100.000 90.000 80.000 66.000 56.000
 49.000 44.000
 Sredn. za dekadu tempratura vozduxa (grad. C):
 16.9 17.5 19.1 20.9 21.1 22.9 22.4 23.2 23.4 22.5 20.8
 Sredn. za dekadu chislo chasov solnechn.sijnij:
 9.1 8.5 9.0 10.1 9.9 10.5 10.1 10.3 10.3 9.9 8.7
 Summa osadkov za dekadu (mm):
 11.0 24.0 26.0 16.0 21.0 18.0 21.0 17.0 18.0 14.0 21.0
 Chislo dney v raschetnoy dekadie :
 2 11 10 10 10 10 11 10 10 5
 Norma vegetazionnogo poliva (mm):
 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
 0.000 0.000
 Sredn. za dekadu defizit vlagosti vozduxa (mb):
 8.900 8.100 8.600 10.200 9.800 12.200 11.400 12.100 12.500
 12.500 9.700
 Koeffizient vlagopotrebnosi (dolj ot naim.vlagoem.):
 0.750 0.750 0.750 0.750 0.750 0.750 0.750 0.750 0.750 0.750
 0.750 0.750

 M A S S I V " I N F " - parametri modeli :
 183.000000 5.000000 807.000000 0.750000 1614.000000 0.033000
 3.000000
 0.400000 28.000000 0.800000 3.000000 28.000000 0.140000 -
 2.000000
 5.000000 113.000000 1.000000

 M A S S I V " U D O B R " - vnesenie udobreniy :
 90.000000 120.000000 40.000000 60.000000 40.000000 60.000000
 30.000000
 40.000000 0.000000 0.880000

 R E S U L T A T R A S C H E T O V

 P R I R O S T Y R O G A J (gramm(sux.m.)/metr*2)

idekicyti		PY	i	MBY	i	DBY	i	YPR	i
i	1i	2i	40.138i	39.400i	34.672i	22.288i			
i	2i	13i	225.776i	223.760i	196.909i	126.579i			
i	3i	23i	232.653i	228.214i	200.828i	129.098i			
i	4i	33i	268.587i	253.853i	223.390i	143.602i			

i 5i 43i	278.321i	263.102i	231.530i	148.834i
i 6i 53i	295.603i	245.125i	215.710i	123.258i
i 7i 63i	285.372i	238.617i	209.983i	119.985i
i 8i 74i	303.355i	211.117i	185.783i	106.157i
i 9i 84i	252.583i	150.176i	132.155i	75.514i
i 10i 94i	217.470i	124.970i	109.974i	62.839i
i 11i 99i	88.856i	59.620i	52.466i	29.979i

S U M M A R N I E X A R A K T E R I S T I K I

*

ball pochvennogo plodorodij (OTN.ED.)= 0.880
 pot.yrogai (vsj cyxaj massa (g/m-2) = 2488.713
 METEOROL.vozm.yrogai (vsj cyxaj massa (g/m-2) = 2037.954
 deistv.vozm.yrogai (vsj cyxaj massa (g/m-2) = 1793.399
 yrogai v proizvodstve (vsj cyx mas (g/m-2) = 1088.135
 PY ZERNA (14% VLAGI, zentner/ga) = 83.442
 MVY ZERNA (14% VLAGI, zentner/ga) = 56.917
 DVY ZERNA (14% VLAGI, zentner/ga) = 48.233
 YRxoZ ZERNA (14% VLAGI, zent/ga) = 27.216
 oz.stepeni blagoprijtn.klimat. uslowiy (CBY) = 0.682
 oz.urovnj ispolzovaniy agroklim.resursov (co) = 0.478
 oz.urovnj realizazii agroekopotenziala (cd) = 0.336
 oz.KULTURI ZEML.(XOZ.ISP.METEO.POCHV.USL (Ca)= 0.564
 summa FAR(kkal/sm*2 za vegetazionniy period = 25.857
 prodolgjitelnost vegetazionnogo perioda = 99.000
 srednjy temperatura za vegetazionniy period = 16.298
 summa osadkov za vegetazionniy period = 207.000
 funkzij vlijnij temperaturi na Kxoz = 0.715
 Kxoz1 (dlj PY) za vegetazionniy period = 0.294
 Kxoz2 (dlj MVY) za vegetazionniy period = 0.245
 Kxoz3 (dlj DVY) za vegetazionniy period = 0.236
 Kxoz4 (dlj YRxoZ) za vegetazionniy period = 0.219

SOLNECHAJ RADIAZIJI I TEMPERATURA

=====

idek	icyt	i	afl	i	taudn	i	q	i	IntFAR	i	ts	i	ts1	i	ts2
i 1	i 2	i 0.76	i 14.87	i 480.44	i 0.280	i 16.90	i 11.90	i							
23.80															
i 2	i 13	i 0.80	i 15.06	i 465.92	i 0.268	i 17.50	i 12.50	i							
161.30															
i 3	i 23	i 0.87	i 15.30	i 488.09	i 0.276	i 19.10	i 14.10	i							
302.30															
i 4	i 33	i 0.93	i 15.43	i 527.79	i 0.296	i 20.90	i 15.90	i							
461.30															
i 5	i 43	i 0.97	i 15.45	i 521.50	i 0.293	i 21.10	i 16.10	i							
622.30															
i 6	i 53	i 1.00	i 15.36	i 539.85	i 0.305	i 22.90	i 17.90	i							
801.30															
i 7	i 63	i 1.00	i 15.16	i 521.29	i 0.298	i 22.40	i 17.40	i							
975.30															
i 8	i 74	i 0.97	i 14.83	i 519.47	i 0.304	i 23.20	i 18.20	i							
1175.50															
i 9	i 84	i 0.91	i 14.39	i 506.75	i 0.305	i 23.40	i 18.40	i							
1359.50															

i 10 i 94 i 0.83 i 13.89 i 476.52i 0.297 i 22.50 i 17.50 i
1534.50i

i 11 i 99 i 0.77 i 13.45 i 421.31i 0.271 i 20.80 i 15.80 i
1613.50i

afl-ontogeneticheskej krivaj fotosinteza (otn.edinizi):

taudn-prodolgitelnost svetlogo vremeni sutok(chasi):

q - summarnaj radiacij za sutki(kal/((sm*2)*sutki)):

IntFAR-intensivnost FAR(kal/((sm*2)*minutu)):

ts-srednj za dekadu temperatura vozduxa:

ts1-srednj effektivnaj temperatura za dekadu:

ts2-summa effektivnix temperatur:

X A R A K T E R I S T I K I W O D N O G O
R E G I M A P O C H V I
=====

ipericyti os i filt i eakt i epot i w0 i Wm0 i

i 1i 2i 11.0i 0.0i 5.5i 8.7i 118.5i 113.0 i
i 2i 13i 24.0i 0.0i 27.7i 43.4i 114.8i 112.0 i
i 3i 23i 26.0i 0.0i 26.3i 41.9i 114.5i 116.0 i
i 4i 33i 16.0i 0.0i 29.3i 49.7i 101.2i 108.0 i
i 5i 43i 21.0i 0.0i 25.8i 47.8i 96.4i 100.0 i
i 6i 53i 18.0i 0.0i 29.5i 59.5i 85.0i 90.0 i
i 7i 63i 21.0i 0.0i 25.2i 55.6i 80.8i 80.0 i
i 8i 74i 17.0i 0.0i 26.9i 64.9i 70.9i 66.0 i
i 9i 84i 18.0i 0.0i 22.8i 60.9i 66.1i 56.0 i
i 10i 94i 14.0i 0.0i 20.9i 60.9i 59.2i 49.0 i
i 11i 99i 21.0i 0.0i 8.5i 23.6i 71.8i 44.0 i

eakt-summarnoe isparenje za dekadu(mm):

epot-isparjemost za dekadu(mm):

w0-raschitannie zapasi vlagi v sloe 0-100sm (mm):

eakt/epot-otnoschenie isparenij k isparjemosti(otn.ed.)

OPTIMALNIE TEMPERATURI I WLAGJNOST POCHVI

idekicyti ts i TOP1 i TOP2 ksifl i Wm0 i Wop1 i Wop2 i gamf igamf1

i 1i 2i 16.90 i 12.00 i 14.76 i 0.96 i 113.i 137.i 183.i 1.00 i 1.00 i
i 2i 13i 17.50 i 13.59 i 16.16 i 0.98 i 112.i 137.i 183.i 1.00 i 1.00 i
i 3i 23i 19.10 i 14.91 i 17.34 i 0.96 i 116.i 137.i 183.i 1.00 i 1.00 i
i 4i 33i 20.90 i 16.04 i 18.35 i 0.90 i 108.i 137.i 183.i 0.98 i 1.00 i
i 5i 43i 21.10 i 16.78 i 19.03 i 0.93 i 100.i 137.i 183.i 0.96 i 0.98 i
i 6i 53i 22.90 i 17.13 i 19.37 i 0.77 i 90.i 137.i 183.i 0.91 i 0.93 i
i 7i 63i 22.40 i 17.01 i 19.29 i 0.83 i 80.i 137.i 183.i 0.88 i 0.88 i
i 8i 74i 23.20 i 16.28 i 18.69 i 0.69 i 66.i 137.i 183.i 0.82 i 0.78 i
i 9i 84i 23.40 i 15.07 i 17.66 i 0.60 i 56.i 137.i 183.i 0.78 i 0.70 i
i 10i 94i 22.50 i 13.43 i 16.27 i 0.63 i 49.i 137.i 183.i 0.73 i 0.63 i
i 11i 99i 20.80 i 12.54 i 15.50 i 0.76 i 44.i 137.i 183.i 0.83 i 0.58 i

TOP1-nignjj graniza temperaturного optimuma

TOP2-verxnjj graniza temperaturного optimuma

ksifl-funkcij vlijnij temperaturi na fotosintez(ot.ed.)

Wop1-nignjj graniza optimuma vlgnosti pochvi

Wop2-verxnjj graniza optimuma vlagnosti pochvi

gamf-funkcij vlijnij vlag.n.pochvi na fotosintez(ot.ed.)

POKAZATELI I FUNKZII VLIJNIJ

iper icyt i ksifl i gamfi Eakt/Epot i otwlagi Ftw1 i Ftw2 i

```

-----
i 1 i 2 i 0.964 i 1.000i 0.633 i 1.000i 0.982i 0.982 i
i 2 i 13 i 0.982 i 1.000i 0.638 i 1.000i 0.991i 0.991 i
i 3 i 23 i 0.962 i 1.000i 0.627 i 1.000i 0.981i 0.981 i
i 4 i 33 i 0.904 i 0.980i 0.590 i 0.990i 0.946i 0.945 i
i 5 i 43 i 0.926 i 0.962i 0.540 i 0.969i 0.947i 0.945 i
i 6 i 53 i 0.774 i 0.908i 0.496 i 0.921i 0.844i 0.829 i
i 7 i 63 i 0.826 i 0.884i 0.453 i 0.882i 0.854i 0.836 i
i 8 i 74 i 0.688 i 0.819i 0.414 i 0.801i 0.742i 0.696 i
i 9 i 84 i 0.596 i 0.783i 0.374 i 0.740i 0.664i 0.595 i
i 10 i 94 i 0.628 i 0.727i 0.342 i 0.678i 0.653i 0.575 i
i 11 i 99 i 0.758 i 0.826i 0.358 i 0.693i 0.725i 0.671 i
otwlag=((eakt/epot)*gamf*gamf1)**0.333
Ftw1-obobschen. funkz. vlijnij temperaturi i uvlagnenij
Ftw2- Ftw1 s uchetom smjgchenij nizkimi temperaturami
i ugestochenij visokimi temperaturami
-----

```

XARAKTERISTIKI POCHVENNOGO PLODORODIJ

```

=====
idekicyti obnk i obpk i obkk i OBORG i AGRO iKOEf.kult.zem.iBall plodorod
-----
i 1i 2i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 2i 13i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 3i 23i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 4i 33i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 5i 43i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 6i 53i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 7i 63i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 8i 74i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 9i 84i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 10i 94i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
i 11i 99i 0.89 i 0.83 i 0.83 i 0.89 i 0.89 ii 0.80 i 0.88 i
obespechennost udobrenijmi:
obnk-azotnimi
obpk-fosfornimi
obkk-kaliynimi
oborg-organicheskimi

```

Варіант 5.

Завдання 1. Відповісти на запитання.

1. На які групи діляться екологічні фактори?

А - Екологічні фактори діляться на *зовнішні і внутрішні*;

Б - сонячна радіація, інтенсивність атмосферних опадів, атмосферний тиск, швидкість вітру, швидкість течії і т. ін.;

В - численність і біомаса популяцій, запаси різних речовин, характеристика приземного шару повітря, водної та ґрунтової маси.

Г – зовнішні, внутрішні, опосередковані.

2. В чому полягає концепція продукційного процесу?

А – основу концепції продукційного процесу становить ідея про взаємини фотосинтезу і дихання рослин.

Б - основу концепції продукційного процесу становить ідея про використання вуглекислого газу.

В - основу концепції продукційного процесу становить ідея про взаємини фотосинтезу і дихання рослин.

Б- основу концепції продукційного процесу становить ідея про використання води та елементів мінерального живлення-

В - основу концепції продукційного процесу становить ідея про біологічний потенціал енергії і масообміну.

3. В якому шарі ґрунту зосереджені термічні процеси в добовому ході температури ґрунту?

А – у верхньому шарі 20 – 30 см; Б – у шарі 30 – 40 см; В – у шарі 0 – 30 см; Г – у шарі 30 – 50 см.

4. За яких умов формується найвища продуктивність посівів?

А – при формуванні оптимального фотосинтетичного апарату, оптимальному співвідношенні чинників навколишнього середовища з потребою рослин;

Б - оптимальному співвідношенні чинників навколишнього середовища з потребою рослин та оптимальним мінеральним живленням;

В - при формуванні оптимальної площі листя та оптимальних значень чинників навколишнього середовища;

Г - оптимальному співвідношенні чинників навколишнього середовища з потребою рослин.

5. В чому полягає закон спільної дії факторів?

А – величина урожаю рослин залежить від усієї сукупності факторів одночасно;

Б - величина урожаю рослин залежить від лімітуючого фактора;

В - величина урожаю рослин залежить від значень факторів в критичний період розвитку рослин;

Г - величина урожаю рослин залежить від значень лімітуючого фактора в критичний період розвитку рослин.

6. Що називається тепловим режимом атмосфери?

А - Тепловим режимом атмосфери називається характер розподілу і зміни температури в атмосфері.

Б - Тепловий режим атмосфери визначається її теплообміном з навколишнім середовищем.

В - Основним джерелом нагрівання приземного шару є тепло, що надходить від діяльної поверхні

Г – Тепловим режимом атмосфери називається зміна температури з висотою.

7. Чим визначаються вимоги рослин до тепла?

А - Вимоги рослин до тепла визначаються трьома кардинальними точками: температурним мінімумом, температурним оптимумом, та температурним максимумом;

Б - Вимоги рослин до тепла визначаються районами їх вирощування;

В - Вимоги рослин до тепла визначаються сортовими особливостями;

Г - Вимоги рослин до тепла визначаються районами їх вирощування та сортовими особливостями;

8. Що називається біологічною сумою температур?

А - Біологічні суми температур – це суми температур за вегетаційний період культури.

Б - Біологічні суми температур – це суми температур за вегетаційний період культури вище 5 °;

В - Біологічні суми температур – це суми температур за вегетаційний період культури вище 10 °;

Г - Біологічні суми температур – це суми температур за період від переходу температури повітря через 5 °навесні до переходу її через цю ж межу восени.

9. Як розраховується лінія тренда?

- А – методом найменших квадратів та гармонічних зважувань;
- Б – за допомогою статистичної обробки матеріалу;
- В – методом найменших квадратів, гармонічних зважувань, та марковських ланцюгів.
- Г – методом гармонічних зважувань.

10. Як розраховується коефіцієнт ефективності використання фактичних агрометеорологічних і ґрунтових умов?

- А – як відношення урожаю у виробництві до потенційного врожаю;
- Б – як відношення урожаю у виробництві до метеорологічно можливого врожаю;
- В – як відношення урожаю у виробництві до дійсно можливого урожаю;
- Г – як відношення потенційного урожаю до урожаю у виробництві.

Завдання 2. Розрахувати лінію тренду двома методами: а) методом найменших квадратів та б) методом гармонічних зважувань

а) 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.

Б) 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.2.1

Таблиця 2.1 – 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
	$Y_{cp} = \sum / n$					

III ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

3.1 Система контролю знань та вмінь студентів

Контроль самостійної роботи студентів заочної форми навчання полягає у використанні дистанційних методів, які передбачають застосування сучасних інформаційно-комунікаційних засобів організації контролю, а саме:

- ✓ поетапне відправлення студентом виконаних завдань самостійної роботи та отримання зауважень від викладача в режимі «оф-лайн» через мережу Інтернет;
- ✓ виконання завдань самостійної роботи безпосередньо в режимі «он-лайн» через мережу Інтернет за допомогою Moodle;
- ✓ спілкування (консультації) викладача зі студентами в режимах «оф-лайн» і «он-лайн» через Інтернет у заздалегідь визначені дати та години, що може передбачати як відповіді на запитання студентів щодо окремих тем, пунктів завдань, так і сумісне обговорення найбільш складних тем теоретичного матеріалу, контрольних або курсових робіт, тощо.

Оцінювання якості виконання завдань на самостійну роботу складається з двох етапів. Перша оцінка – викладач оцінює виконані завдання згідно з Положенням про організацію і контроль самостійної та індивідуальної роботи студентів ОДЕКУ. Другу оцінку студент отримує на початку аудиторних занять з відповідної навчальної дисципліни по результатах тестової роботи з питань, які були включені до завдань на самостійну роботу, що розміщені у робочих програмах навчальних дисциплін. За підсумками двох етапів оцінювання виставляється середня арифметична оцінка виконаного студентом завдання на самостійну роботу.

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

Поточний контроль з дисципліни «Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем» здійснюється впродовж навчального курсу (семестру) за такими формами:

- перевірка контрольної роботи, яка виконується у міжсесійний період за графіком, який наводиться на початку чинних методичних вказівок. Перевірка здійснюється надсиланням електронного варіанту роботи викладачеві за електронною адресою, вказаною у «Вступі»;

перевірка знань та вмінь студента за тестами проводиться на початку аудиторних занять.

За підсумками двох етапів оцінювання виставляється середня арифметична оцінка виконаного студентом завдання на самостійну роботу.

Підсумковий контроль здійснюється під час заліково-екзаменаційної сесії та має на меті встановлення рівня знань та вмінь, якими оволодів студент після вивчення навчальної дисципліни. Форма підсумкового контролю – встановлюється навчальним планом дисципліни «Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем» - іспит,

За виконання контрольної роботи студент може отримати максимально 30 балів (відповіді на 7 контрольних тестів x 3 бали = 21 бал + 8 балів за виконання практичного завдання).

Контрольна робота зараховується, якщо студент отримав сумарну оцінку не менше 18 балів (тобто не менше 60% від максимальної суми в 30 балів). Студент, який отримав за виконання контрольної роботи сумарну оцінку меншу за 18 балів (тобто - „незадовільно”) не допускається до підсумкового контролю.

Студенти, які не отримали за контрольну роботу мінімальної кількості балів (< 60%), повинні виконати інший варіант контрольної роботи або виправити помилки попереднього варіанту та отримати відповідну кількість балів для допуску до іспиту (або здачі заліку).

б) Оцінки роботи студента при проведенні опитування студентів на лекційних заняттях під час заліково-екзаменаційної сесії. Загальна максимальна оцінка за цей вид поточного контролю оцінюється у 30 балів.

3.2.2 Підсумковий контроль

З дисципліни «Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем» студенти отримують іспит .

Якщо студент, який на дату контрольного заходу має інтегральну суму балів, достатню для отримання позитивної оцінки, викладач виставляє якісну оцінку у заліково-екзаменаційній відомості, яка надається деканатом факультету заочної форми навчання.

Підсумковий контроль здійснюється у формі письмової іспитової контрольної роботи. До підсумкового контролю допускаються студенти, які мають накопичену суму балів поточного контролю не менше 18 балів (тобто не менше 60% від максимальної суми в 30 балів).

Іспитова контрольна робота зараховується, якщо студент отримав оцінку не менше 60 % від максимальної суми балів.

Якщо студент не набрав при підсумковому контролі необхідних 60 балів або без поважних причин не з'явився на іспит, то йому деканатом надається можливість (оформлюється направлення на перездачу):

- 1) ще раз написати іспитову роботу, отримавши інший варіант. В цьому разі студент отримує інтегральну підсумкову оцінку з дисципліни;
- 2) відповісти на запитання письмової тестової роботи та при позитивному результаті отримати інтегральну підсумкову оцінку по дисципліні на рівні „задовільно” або „зараховано”.

Письмова тестова робота включає 20 тестових запитань з переліку базових знань та вмінь, що були сформульовані в рекомендаціях до кожної теми розділу. Правильна відповідь на 12 і більше питань свідчить про задовільний стан оволодіння студентом базовою компонентою дисципліни.

Якщо студент другий раз не отримав позитивної оцінки на підсумковому контролі, то він має можливість (за власним бажанням, оформивши його письмово у вигляді заяви на ім'я декана):

- 1) пройти цей курс повторно та ще раз написати письмову контрольну роботу;

- 2) отримати позитивну підсумкову оцінку з дисципліни на засіданні комісії, яку призначає декан.

```

program trend
с  Метод гармонических
с    весов
    Dimension yr(50),ves(50),y(50)
    common x(50),y1(50),yb(50),dyk(50),dyz(50),d11(50)
    real m,ysr,cp,disSum,disz,disp,sumy1,d10
    integer a,x,x1,ves
    open (unit=5,file='trend.dat',status='old',form='formatted')
cccc  Open (UNIT=6,FILE='trend.res',STATUS='NEW')
    Open (UNIT=6,FILE='trend.res')
    read (5,104) n,k
    read (5,105) (y(j),j=1,n)
    Close (unit=5)
    write (6,118)
    write (6,112)
    write (6,114)
    write (6,118)
    write (6,102) n,k
    write (6,113)
    write (6,107)
    write (6,105) (y(j),j=1,n)
    write (6,119)
    sumy1=0
    disSum=0
    disz=0
    DO 14 j=1,n
14  sumy1=(sumy1+y(j))
    ysr=sumy1/n
    DO 15 j=1,n
15  disSum=disSum+(y(j)-ysr)**2/(n-1)
    s6=0
    s7=0
    a=1
    DO 4 i=1,n
    yr(i)=0
4  ves(i)=0
    n1=n-k+1
    DO 5 j=1,n1
    x1=a
    x2=0
    k1=a

```

```

DO 7 i=1,k
x1=x1+x2
x2=1
x(i)=x1
y1(i)=y(k1)

7 k1=k1+1
  CALL OPT (k)
  k2=1
  k3=k-1+a
  DO 10 i=a,k3
    yr(i)=yr(i)+yb(k2)
    ves(i)=ves(i)+1
10 k2=k2+1

5 a=a+1
  DO 8 i=1,n

8 yr(i)=yr(i)/ves(i)

  write (6,108)
  write (6,101) (yr(j),j=1,n)
  DO 18 i=1,n
18 disz=disz+(yr(i)-ysr)**2/(n-1)
  cp=((disSum-disz)**0.5)/ysr
  disp=disSum-disz
  b=1.
  ws=0
  m=0
  n2=n-1
  DO 9 i=1,n2
    w=yr(i+1)-yr(i)
    m=m+1./(n-b)
    q=m/(n-1)
    ws=ws+q*w
9 b=b+1
  y2=yr(n)+ws
  write (6,119)
  write (6,109)

  write (6,103) ws,y2
  write (6,119)
c  write (6,121) ysr

```

```

write(6,827)sumy1,ysr,disSum
ccc write(6,828)tsr(n),dzv(n),dzvt(n),ossr(n),dzvos(n),dzvmg(n)
827 format(1x,'sumy1 =',f10.3,2x,'ysr =',f7.2,2x,'disSum=',f7.2)
write(6,828)disZ,disP,cP
828 format(1x,'disz =',f7.2,2x,'disp =',f7.2,2x,'cp =',f5.2)
write(6,829)
write(6,830)
write(6,831)
write(6,832)
write(6,833)
write(6,834)
write(6,835)
write(6,836)
write(6,837)
write(6,838)

118 format(1x,70('*'))
119 format(1x,70('+'))
112 format (10x,'РАСЧЕТ ТЕНДЕНЦИИ УРОЖАЯ ПО МЕТОДУ ')
114 format (10x,' ГАРМОНИЧЕСКИХ ВЕСОВ ')
113 format (10x,'N - длина ряда, K - параметр сглаживания')

101 format (4x,5F10.2)

102 format (4x,'N=',i3,4x,'K=',i3)
103 format (4x,3Hws=,F5.3,8x,3Hyr=,F5.2)
с 121 format (4x,ysr=,F5.3)

104 format (2I3)
105 format (15F5.1)
cccc 106 format (12F5.1)
107 format (10x,'Фактические значения урожая по годам, ц/га')
108 format (10x,'Сглаженные значения урожая - тренд, ц/га')
109 format (10x,'Прогноз тенденции урожая на следующий год')
829 format (10x,'ysr - средний урожай за период, ц/га')
830 format (10x,'disSum - общая дисперсия урожаев')
831 format (10x,'disZ - дисперсия урожаев, вызванная ростом')
832 format (10x,' культуры земледелия ')
833 format (10x,'disP - дисперсия урожаев за счет климата ')
834 format (5x,'cP - коэффициент вариации, характеризующий')
835 format (5x,' климатическую изменчивость урожаев')
836 format (5x,'cP < 0.20 зона устойчивых урожаев')
837 format (5x,'cP=0,21-0,29 зона умеренно устойчивых урожаев')

```

```

838 format (5x,'cP > 0.30 зона неустойчивых урожаев')
CLOSE (unit=6)
STOP
END
SUBROUTINE OPT (k)
common x(50),y1(50),yb(50)
integer x
s1=0
s2=0
s3=0
s4=0
s5=0
s6=0
s7=0
DO 1 i=1,k
s1=s1+x(i)
1 s2=s2+y1(i)
s1=s1/k
s2=s2/k
DO 2 i=1,k
r1=x(i)-s1
r2=y1(i)-s2
s3=s3+r1**2
s4=s4+r2**2
2 s5=s5+r1*r2
rm=s5/sqrt(s3*s4)
DO 3 i=1,k
r=rm*sqrt(s4/k)/sqrt(s3/k)
3 yb(i)=r*(x(i)-s1)+s2

RETURN
END

```

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів та виконання
контрольної роботи з дисципліни
**«Біологічні й екологічні основи формування
продуктивності агроecosистем»**

Рівень підготовки - магістр
Спеціальність – Екологія, Науки про Землю
Спеціалізація «Агроекологія»
«Агрометеорологія»

Укладачі: д. геогр. н., проф. Польовий А.М., к.геогр..н.,
доц. Божко Л.Ю., к.геогр. н. Барсукова О.А.

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

Одеський державний екологічний університет
65016, вул. Львівська, 15
