

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичної роботи магістрів з дисципліни
«Вплив кліматичних змін на галузі економіки України (розділ сільське господарство)»

Напрямок підготовки – Гідрометеорологія
Спеціальність – 8070601 «Агрометеорологія»

Методичні вказівки до практичної роботи магістрів з дисципліни «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України (розділ сільське господарство)» для магістрів V курсу факультету аспірантської та магістерської підготовки із спеціальності «Агрометеорологія». //Укладач: д.г.н., проф. Польовий А.М. Одеса, ОДЕКУ, 2015 р., с. 55, укр. мовою.

ВСТУП

Найважливішою, стратегічною задачею нового століття є вирішення світової продовольчої проблеми в ХХІ ст., воно є не тільки головною умовою існування населення Землі, але і вирішальним чинником соціальної стабільності окремих країн і світової спільноти в цілому.

Важливим чинником підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату є науково-обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволяє найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добитися стійкого зростання кількості та якості урожаю, підвищити віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

Важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки України до коливань та змін клімату. Сучасне потепління викликає значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур.

Тому ґрунтовне вивчення досліджень з цієї проблеми та засвоєння їх фахівцями – агрометеорологами є важливим для успішного використання в практиці сукупності методів та заходів щодо адаптації сільського господарства до змін клімату.

Метою методичних вказівок є методичне забезпечення виконання практичних робіт з дисципліни «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України (розділ сільське господарство)». Основним завданням цього курсу є практична робота з математичними моделями, які описують формування радіаційного, теплового і водного режимів посівів, продуктивності природних фітоценозів та сільськогосподарських культур, кількісна оцінка за допомогою цих моделей та існуючих сценаріїв змін клімату впливу цих змін на водно-тепловий режим та продуктивність сільського господарства.

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

Після виконання практичних робіт студенти повинні **знати**:
- техніку використання динамічних моделей у режимі прогнозу й оперативного управління;

- техніку підготовки вхідної інформації для виконання розрахунків за допомогою математичних моделей з врахуванням сучасних сценаріїв зміни клімату.

Вміти:

- за допомогою моделей виконувати оцінку ґрунтових і кліматичних ресурсів господарства.

- визначати найбільш раціональне розміщення культур в багаторічному розрізі;

- вибирати сівозміни, які забезпечать підвищення якості земель.

- визначати економічно забезпечену урожайність сільськогосподарських культур з врахуванням ресурсів господарства і кліматичної мінливості.

- коригувати технології вирощування сільськогосподарських культур з врахуванням агрометеорологічних умов конкретного року, їх можливих змін та технічних можливостей господарства;

- виконувати за допомогою математичних моделей розрахунки показників агрокліматичного режиму та продуктивності сільськогосподарських культур за сценаріями зміни клімату, вести аналіз цих показників.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Тема 1. Динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур

1.1 Теоретичні основи моделювання процесу формування урожаю

В основу сучасних моделей формування урожайності покладено принципи, сформульовані Ю.К. Россом в запропонованих ним рівняннях. Його система рівнянь росту послужила основою для інтенсивного розвитку динамічного моделювання продукційного процесу і стала загально визнаною. Система диференціальних рівнянь Росса для опису росту органів рослини має вигляд:

$$\frac{DM_j}{dt} = \varepsilon_{\Phi} \sum_{i=1}^4 A_{ij} \bar{\Phi}_{ci} - \varepsilon_R \bar{R}_{cj} - V_j + M \sum_{i=1}^4 B_{ij}, \quad (1)$$

де i та j – органи рослини (1 – листя, 2 – стебла, 3 – корені, 4 – репродуктивні органи);

M_j – суха маса органа j ;

ε_{Φ} – коефіцієнт ефективності фотосинтезу;

ε_R – коефіцієнт ефективності дихання;

$\bar{\Phi}_{ci}$ – сумарний фотосинтез органа i за добу;

\bar{R}_{cj} – сумарне дихання органа j за добу;

V – втрати сухої фітомаси за добу внаслідок її опадів;

M – сумарна суха маса рослин;

A_{ij} – частка утворених за добу в i -му органі рослини «свіжих» асимілятів, які перетікають на протязі доби в j -й орган;

B_{ij} – обмін «старих» асимілятів між i -м та j -м органами, віднесений до одиниці сухої фітомаси всієї рослини.

A_{ij} і B_{ij} надаються у вигляді «ростових матриць». У спрощеному випадку, коли основними синтезуючими органами є листя, замість ростових матриць для періоду вегетативного росту розглядаються функції вегетативного росту A_j , а для періоду репродуктивного росту – функції репродуктивного росту або так звані функції притоку – відтоку B_j .

Рівняння росту для j -го органа тоді записується так

$$\frac{\Delta m_j}{\Delta t} = A_j \frac{\Delta M}{\Delta t} + MB_j, \quad (2)$$

де $\sum A_j = 1$ то $\sum B_j = 0$.

Функції періоду вегетативного росту A_j визначаються за формулою

$$A_j = \frac{\Delta m_j}{\Delta t} : \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (3)$$

та показують частку загального приросту біомаси цілої рослини, що приходить на j -й орган.

Функції періоду репродуктивного росту або так звані функції притоку – відтоку B_j визначаються як

$$B_j = \frac{\Delta m_j}{\Delta t} M^{-1} \quad (4)$$

та показують загальний притік «старих» асимілятів у j -й орган, якщо $B_j \geq 0$, або їх відтік із j -го органа в інші органи, якщо $B_j \leq 0$.

Отримані за формулами (3) та (4) ростові функції ярого ячменю наведені на рис. 1. Ростові функції показують, коли починається і коли закінчується ріст того чи іншого органа, як проходить ріст окремих органів, коли відносний приріст маси органа буде максимальним. Як видно з даних рисунка, функція вегетативного росту листя на початку вегетаційного періоду порівняно швидко досягла максимуму, а потім протягом 20 днів знижується до нуля – листя перестає рости, в цей час ріст стебла максимальний, починається також швидке підвищення функції росту колосся.

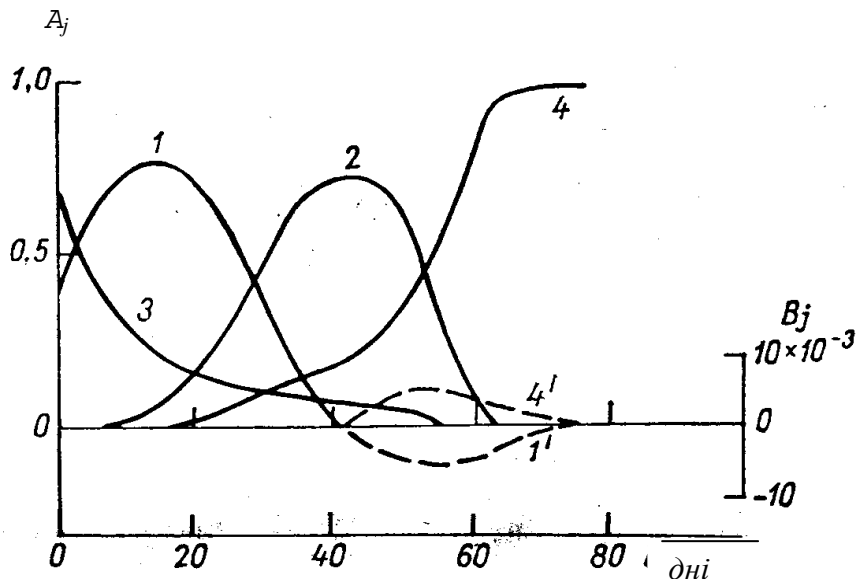


Рис. 1 – Функції росту окремих органів ярого ячменю:

A_j – функції росту j -го органу; B_j функції, які характеризують перерозподіл "старих" асимілятів в органах j : 1 – листя, 2 – стебла, 3 – коріння, 4 – репродуктивні органи, $j=1$, $j=4$ – криві B_j .

В роботах Х.Г. Тоомінга, Є.П. Галяміна, О.Д. Сиротенко, А.М. Польового рівняння Ю.К. Росса були модифіковані.

Для опису динаміки росту сухої біомаси окремих органів А.М. Польовим запропонована така система рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_i^j \Phi^j}{1 + c_{G_i}} - \frac{(\alpha_{R_i}^j c_{m_i} \varphi_R^j + \mathcal{G}_i^j) \tilde{m}_i^j}{1 + c_{G_i}}, \\ \frac{\Delta m_p^j}{\Delta t} &= \frac{\beta_p^j \Phi^j}{1 + c_{G_i}} - \frac{\left(\alpha_{R_p}^j c_{m_p} \varphi_R^j \tilde{m}_p^j - \sum_i^{l,s,r} \mathcal{G}_i^j \tilde{m}_i^j \right)}{1 + c_{G_i}}, \\ \frac{\Delta m_g^j}{\Delta t} &= \frac{\Delta m_{g_{\max}}^j}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}{k_g + \Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де $\frac{\Delta m_{i(p)}}{\Delta t}$ – приріст біомаси i -го вегетативного (репродуктивного) органа;

$\tilde{m}_{i(p)}$ – функціонуюча біомаса i -го вегетативного (репродуктивного) органа;

$\Delta m_g / \Delta t$ – приріст сухої біомаси зерна;

$\Delta m_{g_{\max}} / \Delta t$ – максимально можлива в реальних умовах швидкість приросту сухої біомаси зерна;

β_i – ростова функція вегетативного періоду;

\mathcal{G}_i – ростова функція репродуктивного періоду;

c_G – коефіцієнт дихання росту;

α_R – онтогенетична крива дихання;

c_m – коефіцієнт дихання підтримки;

φ_R – температурна крива дихання;

k_g – константа Міхаеліса-Ментен;

i – органи: l – листя; s – стебла; r – корені; p – колосся.

1.2 Прикладна динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур

Процес формування урожаю представляє складну сукупність багатьох фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається біологічними особливостями рослин, факторами навколишнього середовища, взаємозв'язком між самими процесами.

Прикладні динамічні моделі продуктивності сільськогосподарських культур описують процеси фотосинтезу, дихання, росту і вміщують три біологічні блоки: фотосинтез, дихання, ріст, а також блок перетворення початкової агрометеорологічної інформації – агрометеорологічний.

Принципова схема прикладної динамічної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур наведена на рис. 2.

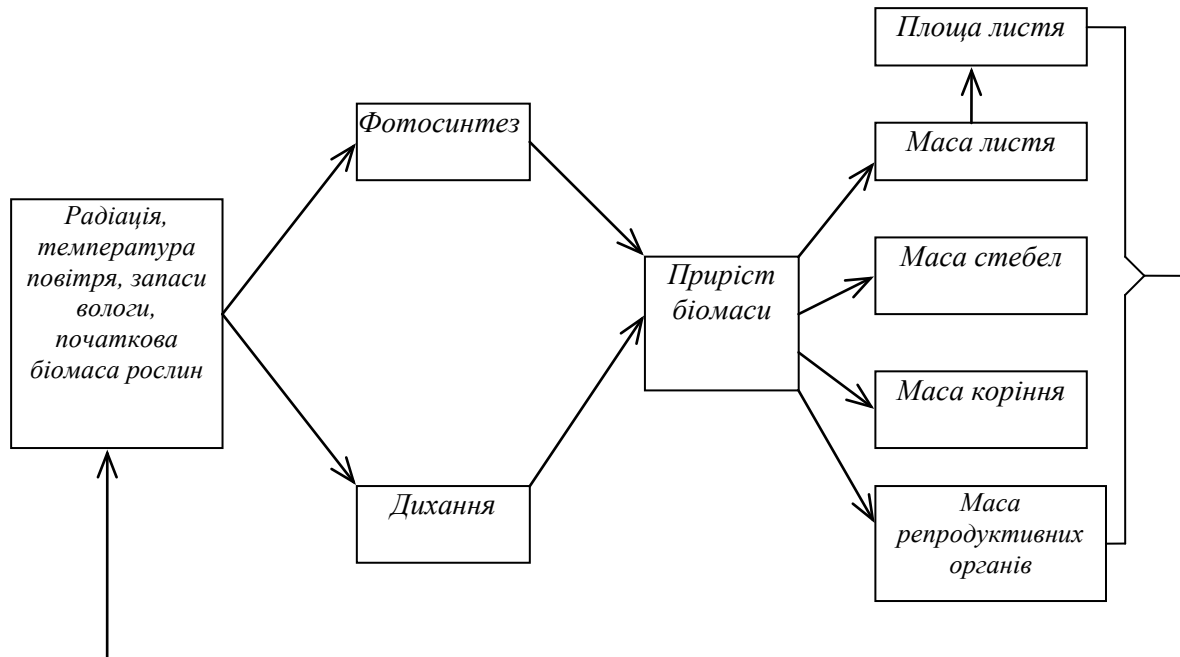


Рис. 2 – Блок-схема прикладної динамічної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур.

Блок фотосинтезу. Фотосинтез посіву визначається за формулою

$$\hat{O}_i^j = \frac{k \cdot b \cdot 2^j}{k + b \cdot 2^j}, \quad (6)$$

де \hat{O}_i^j – інтенсивність фотосинтезу за оптимальних умов тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітлення, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

k – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні та нормальній концентрації CO_2 , мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

b – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})/(\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{хв})$;

I – інтенсивність фотосинтетично-активної радіації (ФАР) всередині посіву, $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$;

j – номер кроку розрахункового періоду.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі за реальних умов навколишнього середовища, які відрізняються від біологічно оптимальних, використовується вираз

$$\hat{O}_\tau^j = \hat{O}_i^j \cdot \alpha_{\hat{O}}^j \cdot \psi_{\hat{O}}^j \cdot \gamma_{\hat{O}}^j, \quad (7)$$

де \hat{O}_τ^j – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах навколишнього середовища, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

$\alpha_{\hat{O}}^j$ – онтогенетична крива фотосинтезу;

$\psi_{\hat{O}}^j, \gamma_{\hat{O}}^j$ – функції впливу факторів навколишнього середовища, які представляють собою одновершинні криві і розраховуються так:

$$\psi_{\hat{O}}^j = \left(\frac{x + 0,0001}{2} \right)^{0,774(x-1)} \left(\frac{1,4 - x}{0,4} \right)^{3,8(x-1)}, \quad (8)$$

де $x = T_g / T_{opt}$, де T_g – середня за світлий час доби температура повітря;

T_{opt} – оптимальна для фотосинтезу температура повітря.

$$\gamma_{\hat{O}}^j = d_0 + d_1 \left(\frac{W^j}{W_{HB}} \right)^2 + d_2 \frac{W^j}{W_{HB}}, \quad (9)$$

де W – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см;

W_{HB} – найменша вологомісткість у шарі ґрунту 0 – 50 см;

константи: $d_0 = 6,3 \cdot 10^{-2}$; $d_1 = -159,8 \cdot 10^{-2}$; $d_2 = 246,2 \cdot 10^{-2}$.

Функції $\alpha_{\hat{O}}, \psi_{\hat{O}}, \gamma_{\hat{O}}$ – нормовані та змінюються від 0 до 1.

Сумарний фотосинтез посіву за світлу пору доби розраховується за формулою

$$\hat{O}^j = \varepsilon \hat{O}_\tau^j L^j \tau_g^j, \quad (10)$$

де Φ – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/($\text{м}^2 \cdot \text{день}$);

ε – коефіцієнт ефективності фотосинтезу, який дорівнює 0,68;

L – площа листя $\text{м}^2/\text{м}^2$;

τ – тривалість дня, год.

Блок дихання. На відміну від процесу фотосинтезу, здатність до дихального газообміну мають всі органи рослини. Витрати на дихання, яке пов'язано з підтримкою структурної організації тканин і на дихання, що

пов'язано з переміщенням речовин, фотосинтезом та створенням нових структурних одиниць, визначаються за таким рівнянням

$$R^j = \alpha_R^j (c_1 M^j + c_2 \hat{O}^j), \quad (11)$$

де R – витрати на дихання, г/м²;

α_R – онтогенетична крива дихання;

c_1 – коефіцієнт, який характеризує витрати на підтримку структури;

M – суха біомаса посіву, г/м²;

c_2 – коефіцієнт, який характеризує витрати, пов'язані з переміщенням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць;

j – порядковий номер декади розрахунку.

Блок росту. Приріст біомаси посіву визначається залишком між сумарним фотосинтезом посіву та витратами на дихання

$$\Delta M^j = \hat{O}^j - R^j. \quad (12)$$

Для опису росту окремих органів рослин використовується система ростових рівнянь у модифікованому вигляді, яка запропонована Ю.К. Росом [10]:

$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - v_i^j m_i^j) \\ m_p^{j+1} = m_p^j + \left(\beta_i^j \Delta M^j + \sum_i^{l,s,r} v_i^j m_i^j \right) \end{cases}, \quad (13)$$

де m_i – загальна суха біомаса окремих органів $i \in l, s, r, p$ (l – листя, s – стебла, r – коріння, p – репродуктивні органи), г/м²;

β_l – функція перерозподілу свіжих «асимілятів»;

v_i – функція перерозподілу «старих» асимілятів.

Ріст площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{z}, \quad (14)$$

де z – питома поверхнева площа листя, г/м².

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення

$$L^{j+1} = L^j - \Delta t_i \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (15)$$

де k_c – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання і дорівнює 0,3

Агрометеорологічний блок. Поглинена посівом фотосинтетично активна радіація (ФАР) розраховується за формулою

$$I^j = I_o^j / (1 + CL), \quad (16)$$

де I_o^j – поглинена сонячна радіація, кал/(см²/хв);

C – емпірична стала величина, яка дорівнює 0,5;

L – площа листя, м²/м².

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою

$$I_o^j = 0,5Q^j / 60\tau_g, \quad (17)$$

де Q – сумарна сонячна радіація, кал/ (см²/д).

Сумарна сонячна радіація розраховується з формулою С.І. Сівкова:

$$Q^j = 12,66(S^j)^{1,31} + 315(\sin h_o^j)^{2,1}, \quad (18)$$

де S – тривалість сонячного сьйва, год.;

h_o – полуденна висота Сонця.

Середня за світлу пору доби температура повітря розраховується за формулою

$$T_g = a_1 T_{\max} + a_1, \quad (19)$$

де T_g , T_{\max} – відповідно середня за день та максимальна температура повітря;

a_o , a_1 – емпіричні коефіцієнти.

Тема 2. Методи визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон

У відповідності з описаною структурою моделі її параметри поділені на чотири групи:

- 1) Параметри для розрахунку інтенсивності фотосинтезу;
- 2) Параметри для розрахунку інтенсивності дихання;
- 3) Параметри для розрахунку динаміки біомаси окремих органів і всієї рослини, площі асимілюючої поверхні;
- 4) Параметри агрометеорологічного блоку, до якого входять значення коефіцієнтів рівнянь регресії для розрахунку середньої за світлу пору доби температури повітря.

Параметри блоку фотосинтезу. До групи параметрів блоку фотосинтезу входять параметри, які характеризують інтенсивність протікання процесу фотосинтезу під впливом факторів, що безпосередньо беруть участь у самому процесі, а також ті, що відображають умови здійснення процесу. Останні є функціями впливу факторів середовища на інтенсивність процесу фотосинтезу.

Цю групу складають параметри світлової кривої фотосинтезу k , b та ψ_{δ} , γ_{δ} – функції впливу температури повітря і вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу.

Загальний вигляд світлової кривої фотосинтезу наведено на рис. 3.

Параметр k характеризує плато світлової кривої, а параметр b – нахил світлової кривої фотосинтезу при незначних інтенсивностях ФАР і визначається як тангенс кута нахилу світлової кривої.

Для озимого жита: $k = 15$ мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

$b = 555,6$ мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})/(\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{хв})$.

Для озимої пшениці, ярого ячменю та вівса $k = 25$ мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

$b = 581,4$ мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})/(\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{хв})$.

Врахування впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу проводиться через температурну криву фотосинтезу ψ_{δ} , яка будувалась по відношенню температури поточної доби до температури світлої пори доби, коли здійснюється фотосинтез (рис. 4).

Крайні та оптимальні середньодобові температури повітря для фотосинтезу одержані для різних культур: озимого жита 20 °С, озимої пшениці, ярого ячменю та вівса 22 °С.

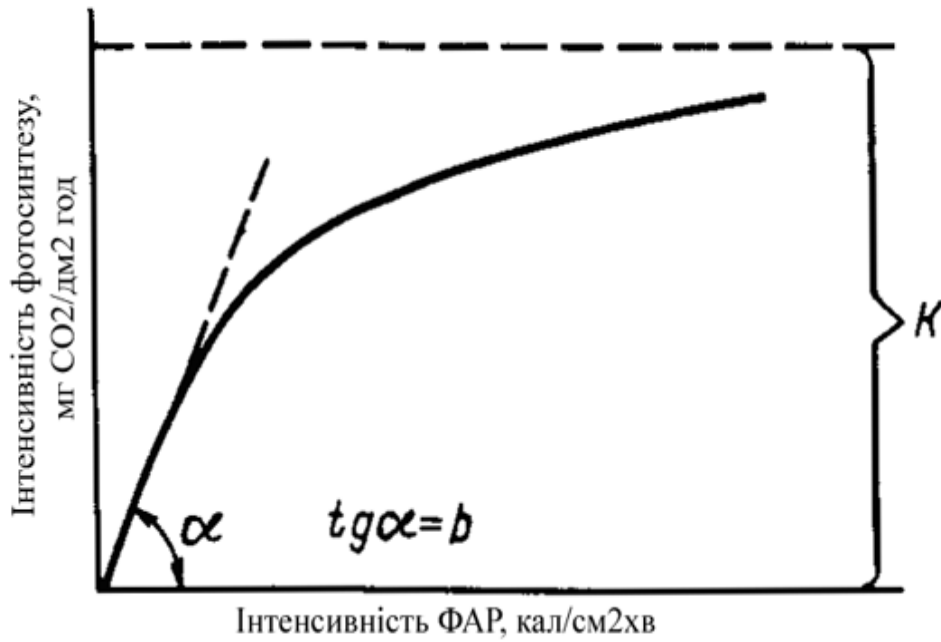


Рис. 3 – Параметри світлової кривої фотосинтезу.

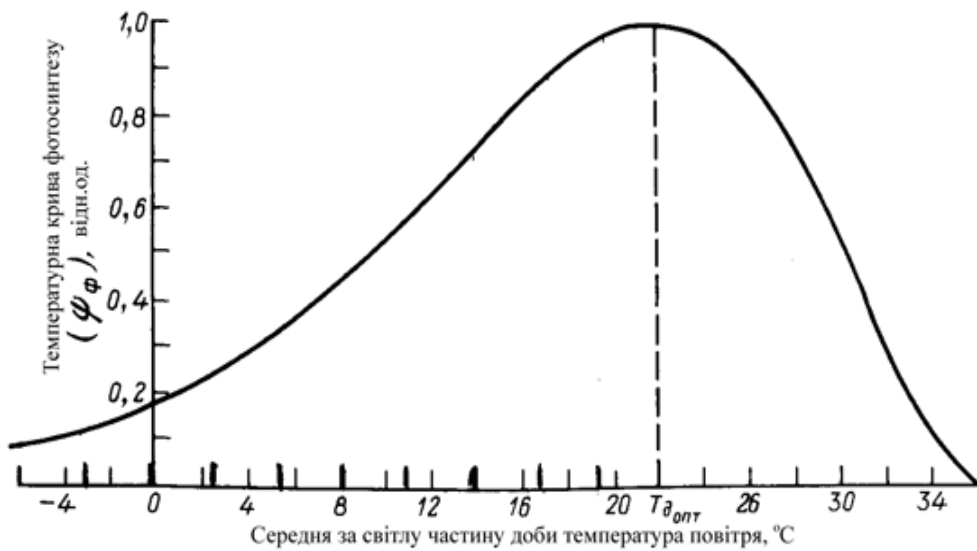


Рис. 4 – Температурна крива озимої пшениці:

$T_{д\text{ опт}}$ – оптимальна середня за світлий час доби температура повітря для фотосинтезу озимої пшениці.

Функції впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу γ_{ϕ} визначені окремо для супіщаних та суглинкових ґрунтів (рис. 5).

Крім того, для розрахунку фотосинтезу використовується також параметр, який характеризує вплив зміни фізіологічного віку листа на інтенсивність фотосинтезу, – онтогенетична крива фотосинтезу α_ϕ , положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

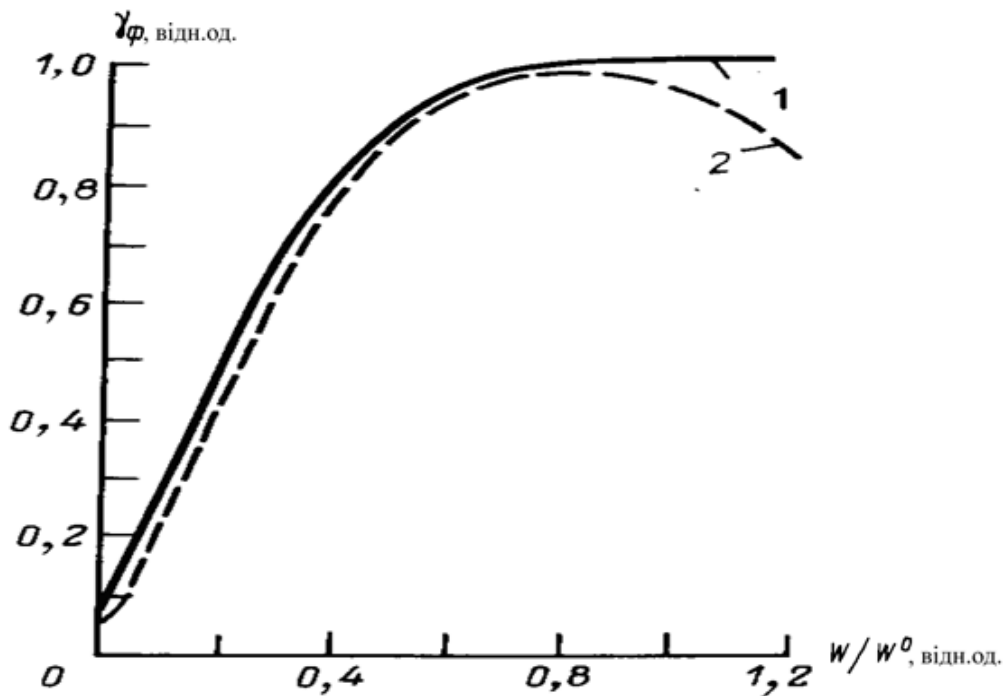


Рис. 5 – Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез:

1 – супіщаний ґрунт; 2 – суглинковий ґрунт; W – запаси (мм) продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см; W^0 – найменша вологомісткість ґрунту в шарі ґрунту 0 – 50 см або найбільші запаси (мм) вологи у ґрунті в шарі ґрунту 0 – 50 см протягом трьох перших декад після відновлення вегетації (сходів).

Онтогенетична крива фотосинтезу – це одновершинна крива (рис. 6), яка описується виразом

$$\alpha_\phi^j = l - a \left(\frac{TS_2 - \sum t_l^1}{10} \right)^2, \quad (20)$$

де параметр a визначається за допомогою формули:

$$a = \frac{-100l_n \cdot \alpha_\phi^j}{\sum t_l^1}, \quad (21)$$

де TS_2 – сума ефективних температур наростаючим підсумком;

$\sum t_l^1$ – сума ефективних температур, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу листя;

$\alpha_{\phi}^j=0,5$ – початкова інтенсивність фотосинтезу по відношенню до максимально можливої на початок вегетації при $TS_2=0$.

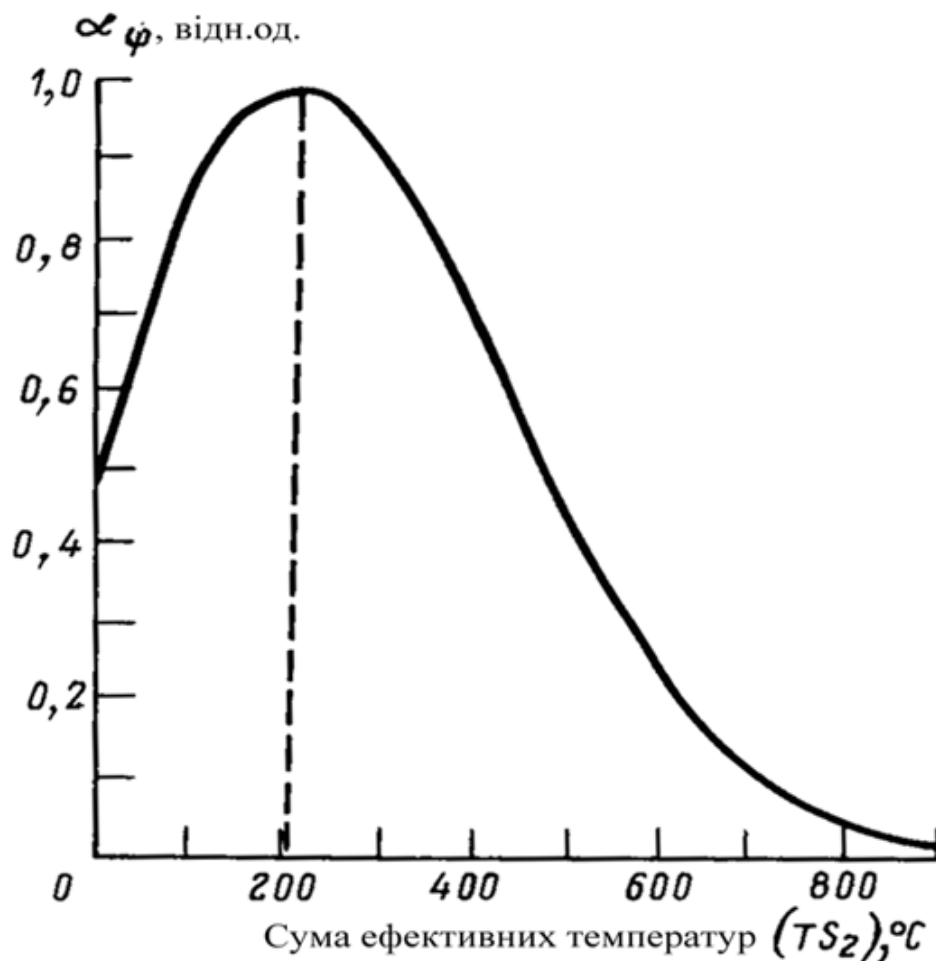


Рис. 6 – Онтогенетична крива фотосинтезу.

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої фотосинтезу будь-якої культури для конкретної території, тобто суми температур, що визначає це положення, необхідно за даними Агрокліматичного довідника розрахувати середні по області багаторічні дати відновлення вегетації (сходів) та воскової стиглості і визначити середню багаторічну суму ефективних температур вище $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за цей період $\sum t_4$. Четверта частина цієї суми буде значенням $\sum t_l^1$.

Параметри блоку дихання. До цієї групи параметрів відноситься коефіцієнт витрат на підтримку структур $C_1 = 0,015$ та коефіцієнт витрат на конструктивне дихання $C_2 = 0,28$. Сюди також входить параметр, що характеризує вплив зміни віку органів на інтенсивність процесу дихання – онтогенетична крива дихання α_R , положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої дихання, тобто суми температур, яка визначає це положення ($\sum t_l^3$), необхідно скористуватись сумою ефективних температур за період від відновлення вегетації (сходів) до воскової стиглості. Четверта частка цієї суми буде складати $\sum t_l^3$. Сума $\sum t_l^3$ дорівнює $\sum t_l^1$.

Параметри блоку росту. Головним блоком прикладних динамічних моделей формування урожаю є блок росту. Параметри цього блоку визначаються по кожній культурі для конкретної території. Ця група параметрів об'єднує функції періоду вегетативного росту β_i та функції періоду репродуктивного росту v_i . У відповідності з роботами Х. Тоомінга функції періоду вегетативного росту визначаються як

$$\beta_i = \frac{\Delta m_i}{\sum_{l,s,r,p} \Delta M_i}, \quad i \in l, s, r \quad (22)$$

та показують частку сумарного приросту всієї рослини, який приходить на i -й орган; інші – функції періоду репродуктивного росту показують відтік (перерозподіл) асимілятів із кожного вегетативного органа після закінчення його росту в репродуктивні органи

$$v_i = \frac{\Delta m_i}{m_i}, \quad i \in l, s, r. \quad (23)$$

Розрахунок функцій вегетативного і репродуктивного періодів у прикладних моделях формування урожаїв полягає в тому, що динаміка біомаси із кожного органу у відносних одиницях наводиться у вигляді сім'ї кривих (рис. 7), точки перегину яких $\sum t_i^2$, $i \in l, s, r, p$ збігаються з сумами температур, які дорівнюють половині всієї суми, необхідної для завершення росту кожного органу. Наведена на осі абсцис сума представляє собою суму температур, з якої починається ріст репродуктивних органів.

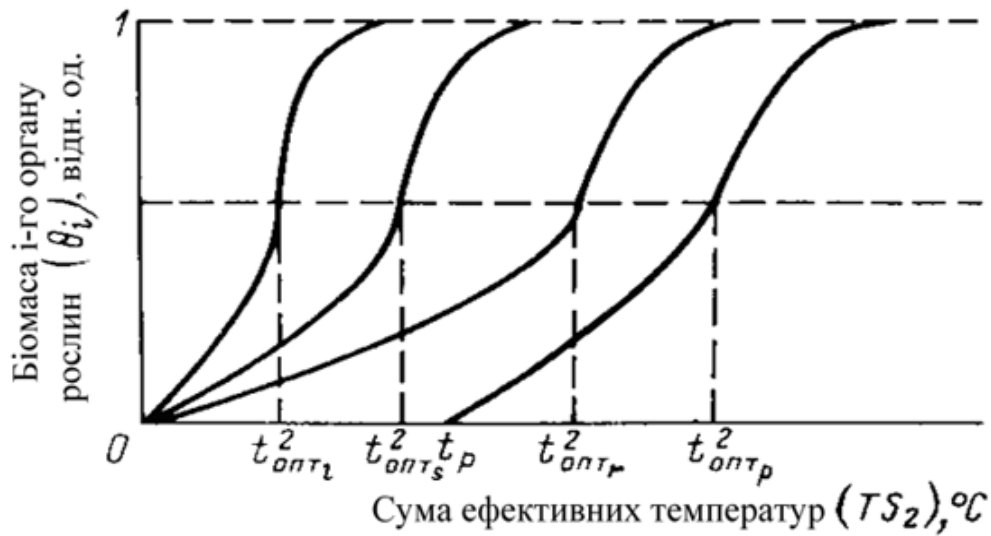


Рис. 7 – Динаміка накопичення біомаси окремих органів рослини:

$\sum t_l^2, \sum t_s^2, \sum t_r^2, \sum t_p^2$ – суми температур, які дорівнюють половині суми температур, що необхідна для завершення росту відповідного органу рослини:
l – листя; *s* – стебел; *r* – коренів; *p* – колосся; $\sum t_p$ – температура, з якої починається ріст колосся.

Якщо описати кожен криву рівнянням логістичної кривої, продиференціювати ці рівняння та помножити на коефіцієнт c_i , який характеризує частку органу в загальній біомасі під час дозрівання, то дістанемо такий вираз для визначення функцій періоду вегетативного росту:

$$\beta = \frac{\Delta\theta_i}{\sum_{l,s,r,p} \Delta\theta_i}, \quad (24)$$

в якому

$$\Delta\theta_i = \frac{4,6052 \cdot 10 \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)}{\sum t_i^2}}{\sum t_i^2 \left(1 + 10 \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)^2}{\sum t_i^2} \right)} \quad i \in l, s, r, p,$$

де $\sum t_i^2$ – сума ефективних температур, яка дорівнює половині суми температур, необхідної для закінчення росту кожного органу;

c_i – коефіцієнт співвідношення різних органів в рослині на час дозрівання.

Загальний вигляд ростових функцій періоду вегетативного росту показано на рис. 8

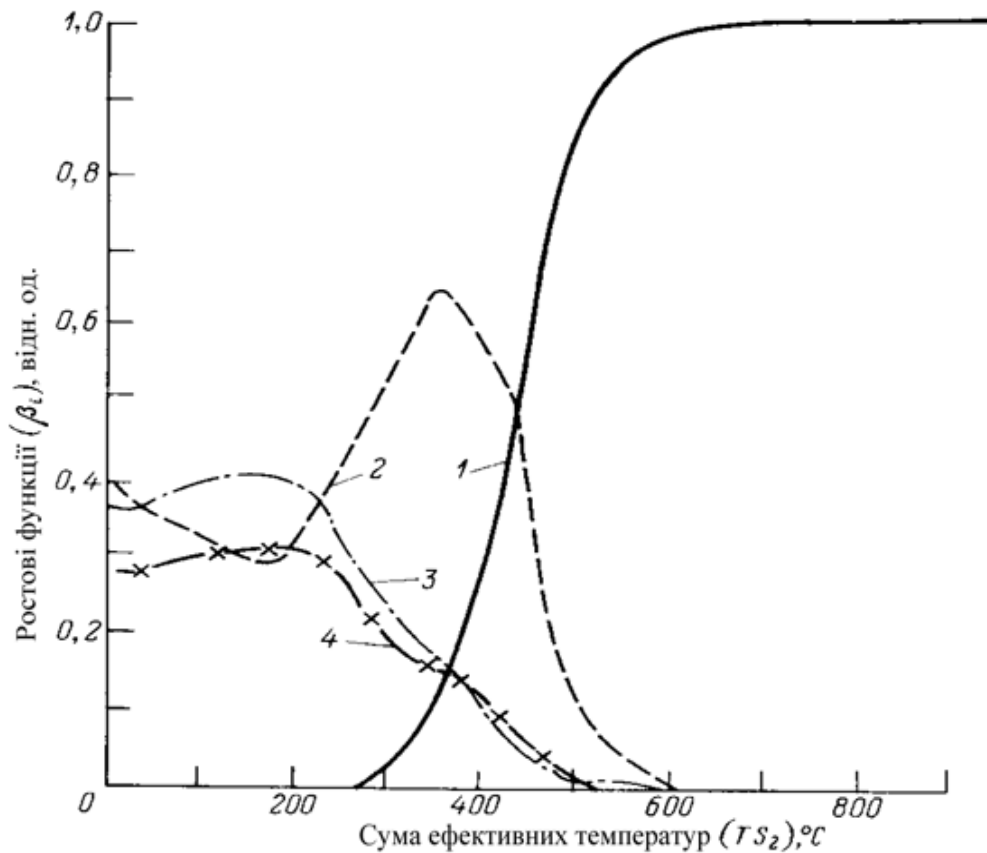


Рис. 8 – Ростові функції періоду вегетативного росту озимої пшениці:
 1 – репродуктивних органів (β_p); 2 – стебел (β_s); 3 – листя (β_l); 4 – корені (β_r).

Перерозподіл «старих» асимілятів із листя, стебел та коріння у репродуктивні органи починається з моменту закінчення росту кожного з цих органів. Ростові функції періоду репродуктивного росту v_i для кожного вегетативного органу визначається за виразом

$$v_i^j = \frac{0,3TS_1^j}{(2\sum t_p^2 - \sum t_p) - 2\sum t_i^2}, \quad (25)$$

$i \in l, s, r, p$

де TS_1 – сума ефективних температур за будь-який інтервал часу (найчастіше за декаду).

Положення функцій періодів вегетативного та репродуктивного росту, що описують перерозподіл між органами рослин, визначається сумами

температур, які необхідні для закінчення росту листя, стебел, коріння, початку росту колосу, настання воскової стиглості. Для визначення цих сум необхідно розрахувати середні по області багаторічні дати настання фази виходу у трубку, появи нижнього вузла соломини, колосіння, цвітіння та підрахувати середні багаторічні суми ефективних температур вище 5 °С за періоди: відновлення вегетації (сходи) – вихід у трубку Σt_1 ; відновлення вегетації (сходи) – колосіння Σt_2 ; відновлення вегетації (сходи) – цвітіння Σt_3 . Тоді сума температур, яка визначає положення ростової функції будь-якого органу, тобто сума Σt_i^2 , буде становити для листя $(\Sigma t_l^2) - 1/2$ суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до колосіння; стебел – $(\Sigma t_s^2) - 1/2$ суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до цвітіння; коріння – (Σt_r^2) подібно до стебел. Сума Σt_r^2 дорівнює Σt_s^2 .

Необхідно визначити суму температур Σt_p , з якої починається ріст репродуктивного органу – колосу. Ця сума визначається як середня з двох сум: суми температур за період від відновлення вегетації (сходів) до виходу у трубку та суми температур за період від відновлення вегетації до колосіння

$$\Sigma t_p = \frac{\Sigma t_1 + \Sigma t_2}{2} \quad (26)$$

Положення ростової функції колосу визначається сумою температур Σt_p^2 , яка визначається з виразу

$$\Sigma t_p^2 = \frac{\Sigma t_4 - \Sigma t_p}{2} + \Sigma t_p \cdot \quad (27)$$

Числові значення коефіцієнта c_i для різних культур наведено нижче:

Культура	c_l	c_s	C_r	c_p
Озиме жито	0,22	0,42	0,13	0,23
Озима пшениця	0,25	0,36	0,11	0,28
Ярий ячмінь	0,23	0,33	0,11	0,33
Овес	0,23	0,33	0,15	0,29

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Практична робота 1. Техніка оцінки складових теплового і водного балансу та річної продуктивності фітоценозів за сценарієм зміни клімату

Підготовка необхідної вхідної інформації

Розрахунки виконуються за допомогою Моделі розрахунку складових теплового і водного балансу та річної продуктивності фітоценозів «модель ВТОs5m.f» на підставі середньої за рік температури повітря та річної суми опадів. Програма моделі та всі необхідні файли розміщені на комп'ютерах у комп'ютерному класі кафедри агрометеорології та агрометеорологічних пронозів. Підготовка необхідної вхідної інформації та виконання розрахунків по моделі проводиться в присутності викладача кафедри агрометеорології.

1. Підготовка матеріалів для виконання розрахунків складається із використання двох видів інформації, які містяться в:

– Агрокліматичному довіднику по території України, Камянець-Подільський, 2011.– 107 с.

Із даних табл. 5 (сторінка 48 Довідника – Додаток 1) вибираються дані річної температури повітря, а по табл. 19 (сторінка 65 Довідника відповідно Додаток 1) вибираються дані про річну кількість опадів для тієї адміністративної області, для якої виконуються розрахунки.

– Польовий А.М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство. Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2013. – 105 с.

Визначається для якої зони (Полісся, Лісостеп, Степ) та для якого періоду будуть виконуватись розрахунки, а потім із даних табл. 2.10 – 2.12 (Додаток 2) вибираються дані розрахункових змін (за сценарієм зміни клімату) величин температури повітря та атмосферних опадів, отриманих на основі нестационарної моделі *GFDL*, які відносяться до середніх за рік даних.

2. В середні багаторічні дані, які отримано із Агрокліматичного довідника, вводяться відповідні розрахункові зміни, взяті з Конспекту лекцій. Для розрахунку очікуваної за кліматичним сценарієм температури до величини середньої багаторічної температури додається поправка на зміну величини. Для розрахунку кількості опадів середня багаторічна величина кількості опадів перемножується на поправку.

3. Таким чином, за описаною вище процедурою отримуються розрахункові за кліматичним сценарієм величини температури повітря за рік та річної кількості опадів. На підставі цих даних створюється розрахунковий файл.

Створення файлу для виконання розрахунків

4. Для виконання розрахунків створюється файл «ВТОs3.dat» (для прикладу цей файл наведено в Додатку 3).

Він складається наступним чином:

Перший рядок складається із одного слова:

назва пункту, для якого виконується розрахунок, пишеться буквами, починаючи з другої позиції;

Другий рядок складається з п'яти чисел:

n – кількість років (2), для яких виконуються розрахунки, число ціле, записується в трьох позиціях; розрахунок виконується для двох умовних років: середнього багаторічного та за кліматичним сценарієм.

Третій рядок: назва масиву середніх за рік температур повітря;

Четвертий рядок: ts – масив середніх за рік температур повітря (°C), число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми; перше – число середньо багаторічна температура повітря, друге число – температура повітря за кліматичним сценарієм.

П'ятий рядок: назва масиву річних опадів;

Шостий рядок: Os – масив сум опадів за рік, число ціле, в п'яти позиціях; перше число – середньо багаторічна кількість опадів, друге число – кількість опадів за кліматичним сценарієм. .

Вихідні дані результатів розрахунків за допомогою ПЕОМ

Виконання розрахунків по моделі проводиться в присутності викладача після створення файлу «ВТОs3.dat» за допомогою виконавчого файлу «ВТОs5m.exe», який створюється на етапі розробки моделі шляхом компіляції програми моделі. Для виконання розрахунків курсор ставиться на файл «ВТОs5m.exe» і виконується розрахунок.

Результати розрахунків виводяться у вигляді файлу «ВТОs5m.res» (Додаток 4). Він містить у собі початкову інформацію, а також результати розрахунків по програмі річних значень складових теплового і водного балансу та річної продуктивності фітоценозів за середніми багаторічними умовами (перший рядок) та за сценарієм зміни клімату (другий рядок).

В результуючому файлі «ВТОs5m.res» прийнято слідує позначення символів:

- Prod – продуктивність рослинності за рік, $\text{кгС}/\text{м}^2$;
- Csoil – кількість гумусу у ґрунті, $\text{кгС}/\text{м}^2$;
- E0 – випаровуванність за рік, мм;
- RadBal – радіаційний баланс за рік, $\text{ккал}/\text{см}^2$;
- Defwl – дефіцит вологи – $(O_s(j) - E_{byd1}(j))$, мм;
- Ebyd1 – сумарне випаровування за рік, мм;
- Wlgoob – вологозабезпеченість рослинності $E_{byd1}/(0.64 * E_0)$, відн. од.

Аналіз одержаних результатів повинен містити порівняння розрахованих величин характеристик, отриманих на підставі середніх багаторічних даних, та величин, які отримані при врахуванні сценарних змін клімату.

Практична робота 2. Техніка розрахунку дефіциту вологості повітря та інтенсивності сумарної сонячної радіації протягом періоду вегетації сільськогосподарських культур за сценарієм зміни клімату

Підготовка необхідної вхідної інформації

Розрахунки виконуються для вегетаційного періоду конкретної сільськогосподарської культури за допомогою Моделі розрахунку дефіциту вологості повітря та інтенсивності сумарної сонячної радіації «модель WodDefRad.f» на підставі середньої за декаду температури повітря та суми опадів за декаду за період вегетації культури.

Програма моделі та всі необхідні файли розміщені на комп'ютерах у комп'ютерному класі кафедри агрометеорології та агрометеорологічних пронозів. Підготовка необхідної вхідної інформації та виконання розрахунків по моделі проводиться в присутності викладача кафедри агрометеорології. Одночасно готуються два масива даних: середньо багаторічні дані та дані за обраним сценарієм зміни клімату.

1. Підготовка матеріалів для виконання розрахунків складається із використання двох видів інформації, які містяться в:

– в таблиці Додаток 5 вибираються дані про широту тієї адміністративної області, для якої виконуються розрахунки (беруться дані по широті станції (пункта), який розміщено ближче до центру області). Випикується широта пункту і хвилини переводяться в десяті долі години. Для цього хвилини діляться на 60. Таким чином, отримується широта пункту в градусах з десятими.

– Агрокліматичному довіднику по території України, Кам'янець-Подільський, 2011.– 107 с.:

Із даних табл. 33 (сторінка 79 Довідника відповідно Додаток 5) вибираються дані про дати настання фази «відновлення вегетації» та фази «воскова стиглість» озимої пшениці. Розраховується кількість декад вегетації культури.

– Агрокліматичному довіднику по території України, Кам'янець-Подільський, 2011.– 107 с.:

Із даних табл.12 (сторінка 42 Довідника відповідно Додаток 1) за період вегетації озимої пшениці (від дати настання фази «відновлення вегетації» до настання фази «воскова стиглість» вибираються дані середньої декадної температури повітря, а по табл.18 (сторінка 63

Довідника відповідно Додаток 1) вибираються дані про щодекадну кількість опадів для тієї області, для якої виконуються розрахунки.

– Польовий А.М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство. Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2013.– 105 с.:

Визначається для якої зони (Полісся, Лісостеп, Степ) та для якого періоду будуть виконуватись розрахунки, а потім із даних табл.2.10-2.12 (відповідно Додаток 2) вибираються щомісячні дані розрахункових змін (за сценарієм зміни клімату) величин температури повітря та атмосферних опадів, отриманих на основі нестационарної моделі *GFDL*, які відносяться до середніх за рік даних.

2. В середні багаторічні дані, які отримано із Агрокліматичного довідника, вводяться відповідні розрахункові зміни, взяті з Конспекту лекцій. Для розрахунку очікуваної за кліматичним сценарієм температури до величини середньої багаторічної температури додається поправка на зміну величини температури повітря. Для розрахунку кількості опадів середньо багаторічна величина кількості опадів перемножується на поправку. Величина щомісячної поправки розповсюджуються на кожну декаду місяця.

3. За описаною вище процедурою отримуються сценарні за кліматичним сценарієм за період вегетації озимої пшениці величини середньої за декаду температури повітря та щодекадної кількості опадів. На підставі цих даних створюється розрахунковий файл.

Створення файлу для виконання розрахунків

4. Для виконання розрахунків створюється файл «WodDefRad.dat» (для прикладу цей файл наведено в Додатку б).

Він складається наступним чином:

1) Перший рядок складається із чотирьох чисел:

1.1. назва пункту, для якого виконується розрахунок, пишеться буквами, починаючи з другої позиції;

1.2. рік виконання розрахунку, пишуться дві останні цифри року через одну позицію після назви пункту;

1.3. дата розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після року;

1.4. місяць розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після дати.

2) Другий рядок складається з п'яти чисел:

2.1. n – кількість розрахункових декад, число ціле, записується в трьох позиціях;

2.2. t_0 – кількість днів від 1 січня (начало відліку) до дня відновлення вегетації, число ціле, записується в трьох позиціях;

2.3. $N1$ – дата відновлення вегетації, число ціле, в трьох позиціях;

2.4. N2 – місяць відновлення вегетації, пишеться арабськими цифрами (1 – січень, 2 – лютий, 3 – березень, 4 – квітень, 5 – травень и т. д.), ціле число, в трьох позиціях;

2.5. φ – географічна широта пункту в градусах, хвилини виражаються в долях градуса. Десяткове число в шести позиціях з двома знаками після коми.

- 3) Третій рядок: os – масив щодакдної кількості опадів за декаду, число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.
- 4) Четвертий рядок: ts – масив середньої за декаду температури повітря (°C), число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.
- 5) П'ятий рядок: dv – масив інформації про кількість днів в кожній розрахунковій декаді, число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

5. Після підготовки всієї вхідної інформації виконуються розрахунки окремо для середніх багаторічних умов та сценарних кліматичних умов.

Вихідні дані результатів розрахунків за допомогою ПЕОМ

Виконання розрахунків по моделі проводиться в присутності викладача після створення файлу «WodDefRad.dat» за допомогою виконавчого файлу «WodDefRad.exe», який створюється на етапі розробки моделі шляхом компіляції програми моделі. Для виконання розрахунків курсор ставиться на файл «WodDefRad.exe» і виконується розрахунок.

Результати розрахунків виводяться у вигляді файлу «WodDefRad. res» (Додаток 7). Він містить у собі початкову інформацію, а також результати розрахунків по програмі за кожен декаду вегетаційного періоду.

В розрахункових декадах прийнято слідує позначення символів:

Os – кількість опадів за декаду (мм);

ts – середня за декаду температура повітря (град.);

dww – середній за декаду дефіцит вологості повітря (мб);

Soln Rad – середня за декаду сумарна сонячна радіація (кал/ см² хв.);

SRad – середня за декаду сумарна сонячна радіація (Вт/м²).

Аналіз отриманих результатів повинен містити порівняння розрахованих величин характеристик, отриманих на підставі середніх багаторічних даних, та величин, які отримані при врахуванні сценарних змін клімату.

Практична робота 3. Техніка розрахунку за моделлю формування урожаю сільськогосподарських культур за середніми багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату

Підготовка необхідної вхідної інформації

Розрахунки виконуються для вегетаційного періоду конкретної сільськогосподарської культури (розглядається культура озима пшениця) за допомогою Моделі формування урожаю сільськогосподарських культур «модель ModOzim.f» на підставі середньої за декаду температури повітря, середнього за декаду дефіцита вологості повітря, середньої за декаду сумарної сонячної радіації та суми опадів за декаду за період вегетації культури.

Програма моделі та всі необхідні файли розміщені на комп'ютерах у комп'ютерному класі кафедри агрометеорології та агрометеорологічних пронозів. Підготовка необхідної вхідної інформації та виконання розрахунків по моделі проводиться в присутності викладача кафедри агрометеорології. Одночасно готуються два масива даних: середньо багаторічні дані та дані за обраним сценарієм зміни клімату.

1. Підготовка матеріалів для виконання розрахунків складається із використання двох видів інформації, які містяться в:

– в таблиці Додаток 5 вибираються дані про широту тієї адміністративної області, для якої виконуються розрахунки (беруться дані по широті станції (пункта), який розміщено ближче до центру області). Випикується широта пункту і хвилини переводяться в десяті долі години. Для цього хвилини діляться на 60. Таким чином, отримується широта пункту в градусах з десятими.

– Агрокліматичному довіднику по території України, Кам'янець-Подільський, 2011.– 107 с.: Із даних табл. 33 (сторінка 79 Довідника відповідно Додаток 1) вибираються дані про дати настання фази відновлення вегетації та фази воскова стиглість озимої пшениці. Розраховується кількість декад вегетації культури.

– Агрокліматичному довіднику по території України, Кам'янець-Подільський, 2011.– 107 с.: Із даних табл. 2 (сторінка 42 Довідника відповідно Додаток 1) за період вегетації озимої пшениці (від дати настання фази відновлення вегетації до настання фази воскова стиглість вибираються дані середньої декадної температури повітря, а по табл. 18 (сторінка 63 Довідника відповідно Додаток 1) вибираються дані про щодакдну кількість опадів для тієї області, для якої виконуються розрахунки.

– За результатами рорахунків, які отримано при виконанні Практичної роботи 2. «Техніка розрахунку дефіциту вологості повітря та інтенсивності сумарної сонячної радіації протягом періоду вегетації

сільськогосподарських культур за сценарієм зміни клімату» вибираються дані про середній декадний дефіцит вологості повітря та середню за декаду сумарну сонячну радіацію за період вегетації озимої пшениці окремо за середніми багаторічними даними та за сценарними даними.

– Польовий А.М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство. Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2013. – 105 с.: Визначається для якої зони (Полісся, Лісостеп, Степ) та для якого періоду будуть виконуватись розрахунки, а потім із даних табл. 2.10 – 2.12 (Додаток 2) вибираються щомісячні дані розрахункових змін (за сценарієм зміни клімату) величин температури повітря та атмосферних опадів, отриманих на основі нестационарної моделі *GFDL*, які відносяться до середніх за рік даних.

2. В середні багаторічні дані, які отримано із Агрокліматичного довідника, вводяться відповідні розрахункові зміни, взяті з Конспекту лекцій. Для розрахунку очікуваної за кліматичним сценарієм температури до величини середньої багаторічної температури додається поправка на зміну величини температури повітря. Для розрахунку кількості опадів середньо багаторічна величина кількості опадів перемножується на поправку. Величина щомісячної поправки розповсюджуються на кожну декаду місяця.

3. Таким чином, отримуються розрахунки за кліматичним сценарієм за період вегетації озимої пшениці величини середньої за декаду температури повітря та щодакдної кількості опадів. На підставі цих даних створюється розрахунковий файл.

Створення файлу для виконання розрахунків

4. Для виконання розрахунків створюється файл «ModOzim.dat» (для прикладу цей файл наведено в Додатку 8).

Він складається наступним чином:

1) Перший рядок складається із чотирьох чисел:

- 1.1. назва пункту, для якого виконується розрахунок, пишеться буквами, починаючи з другої позиції;
- 1.2. рік виконання розрахунку, пишуться дві останні цифри року через одну позицію після назви пункту;
- 1.3. дата розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після року;
- 1.4. місяць розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після дати.

2) Другий рядок складається з п'яти чисел:

- 2.1. n – кількість розрахункових декад, число ціле, записується в трьох позиціях;
- 2.2. t_0 – кількість днів від 1 січня (начало відліку) до дня сходів (відновлення вегетації), число ціле, записується в трьох позиціях;

2.3. N1 – дата сходів (відновлення вегетації), число ціле, в трьох позиціях;

2.4. N2 – місяць сходів (відновлення вегетації), пишеться арабськими цифрами (1 – січень, 2 – лютий, 3 – березень, 4 – квітень, 5 – травень и т. д.), ціле число, в трьох позиціях;

2.5. ϕ – географічна широта пункту в градусах, хвилини виражаються в долях градуса. Десяткове число в шести позиціях з двома знаками після коми.

3) Третій рядок: os – масив кількості опадів за декаду (мм), число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

4) Четвертий рядок: dww – масив середніх за декаду величин дефіциту вологості повітря (мб), число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

5) П'ятий рядок: ts – масив середньої за декаду температури повітря, число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

6) Шостий рядок: ss – масив інформації про кількість годин сонячного сяйва (середнє за один день декади), число ціле в восьми позиціях з трьома знаками після коми.

7) Сьомий рядок: інформаційний масив – inf:

7.1. inf (1) - m_l^0 – початкова маса листя на дату сходів (відновлення вегетації);

7.2. inf (2) - m_s^0 – початкова маса стебел на дату сходів - (відновлення вегетації);

7.3. inf (3) - m_r^0 – початкова маса коренів на дату сходів (відновлення вегетації);

7.4. inf (4) – початкова маса колосся;

7.5. inf (5) - LL^0 – початкова площа листя;

7.6. inf (6) – нуль;

7.7. inf (7) – найменша вологомісткість ґрунту у півметровому шарі ґрунту, мм;

7.8. inf (8) - $\sum t_l^1$ – сума ефективних температур для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу, °С;

7.9. inf (9) - $\sum t_l^3$ – сума ефективних температур для розрахунку онтогенетичної кривої дихання, °С;

7.10. inf (10) - $\sum t_l^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції листя, °С.

8) Восьмий рядок – містить десять чисел:

8.1. inf (11) - $\sum t_s^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції стебел, °С;

8.2. inf (12) - $\sum t_{rl}^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції коренів, °С;

8.3. inf (13) - $\sum t_{pl}^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції колосся, °С;

8.4. inf (14) - $\sum t_p$ – сума ефективних температур для розрахунку часу початку росту колосся, °С;

8.5 inf (15) – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

8.6. inf (16) – початок онтогенетичної кривої дихання, відн. од.;

8.7. inf (17) – нуль ;

8.8. inf (18) – нуль ;

8.9. inf (19) – 2 ;

8.10. inf (20) – питома поверхнева щільність листя, г/м² .

9) Дев'ятий рядок – містить вісім чисел.:

9.1. inf (21) – c_1 доля листя в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.2. inf (22) – c_s доля стедел в загальній масі урожаю , відн. од.;

9.3. inf (23) – c_r доля коренів в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.4. inf (24) – c_p доля колосся в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.5. inf (25) - k – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні та нормальній концентрації CO₂, мг CO₂/дм² год.;

9.6. inf (26) – початковий схил світлової кривої фотосинтезу, (мг CO₂ /дм² год.)/(кал /см² хв);

9.7. inf (27) - BN – біологічний нуль культури, °С;

9.8. inf (28) - T_{opt} – оптимальна середньоденна за декаду температура повітря для фотосинтезу, °С;

9.8. inf (29) - W_0 – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок вегетації, мм.

Приклад створення файлу для виконання розрахунків наведено в Додатку 8.

Вихідні дані результатів розрахунків за допомогою ПЕОМ

Виконання розрахунків по моделі проводиться після створення файлу «ModOzim.dat» за допомогою файлу «ModOzim.exe», який створюється на етапі розробки моделі шляхом компіляції програми моделі. Для виконання розрахунків курсор ставиться на файл «ModOzim.exe» і виконується розрахунок.

Результати розрахунків виводяться у вигляді файлу «ModOzim.res» (Додаток 9). Він містить у собі початкову інформацію, а також результати розрахунків по програмі за кожен декаду вегетаційного періоду.

В розрахункових декадах прийнято слідує позначення символів:

ml – біомаса листя, г/м² ;

m_s – біомаса стебел, $г/м^2$;
 m_r – біомаса коріння, $г/м^2$;
 m_{pr} – біомаса репродуктивних органів (колосу), $г/м^2$;
 m – біомаса всієї рослини, $г/м^2$;
 m_g – урожай зерна при 14 % його вологості;
 LL – площа листя $м^2/м^2$;
 q – сумарна сонячна радіація, $кал/(см^2 д)$;
 ts_1 – ефективна температура повітря, $°C$;
 ts_2 – сума ефективних температур, $°C$;
 fl – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, $г/(м^2 д)$;
 $ksifl$ – функція впливу температури на фотосинтез, відн.од.;
 $gamf$ – функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез, відн. од.;
 bl – ростова функція листя, відн. од.;
 bs – ростова функція стебел, відн.од.;
 br – ростова функція коріння, відн. од.;
 bp – ростова функція репродуктивних органів (колосу), відн. од.;
 afl – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;
 arl – онтогенетична крива дихання, відн. од.;
 W_0 – розраховані величини запасів продуктивної вологи у ґрунті в шарі 0 – 100 см, мм.
 E_{akt} – сумарне випаровування, мм
 E_0 – випаровуванність, мм
 $W_{лагооб}$ – відносна вологозабезпеченість посівів ($E_{akt}/(0,65 * E_0)$), відн.од.

Аналіз отриманих результатів повинен містити порівняння розрахованих величин характеристик, отриманих на підставі середніх багаторічних даних, та величин, які отримані при врахуванні сценарних змін клімату.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як змінюються фази розвитку озимої пшениці?
2. Що лежить в основі визначення характеристик фотосинтетичної продуктивності рослин?
3. Як змінюються характеристики фотосинтезу культури?
4. Як змінюються характеристики динаміки площі листя культури?
5. Як змінюються характеристики динаміки біомаси культури?
6. Як змінюються характеристики урожайності культури при зміні внесення добрив?
7. Як змінюються характеристики урожайності культури при зміні рівню CO_2 ?

ЛІТЕРАТУРА

1. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. – С-Пб: Гидрометеиздат, 1992. – 424 с.
2. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. – Київ: КНТ, 2007. – 344 с.
3. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
4. Польовий А.М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство // Конспект лекцій. Одеса: «Екологія», 2013. – 105 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Додаток А1

Таблиця 2 – Температура повітря (°С) по декадах

Агрокліматичні зони і області	I			II			III			IV			V			VI		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Степ	-2,6	-2,2	-2,7	-3,4	-1,9	-0,4	0,9	1,7	4,3	7,8	9,9	11,6	13,8	15,7	17,0	18,4	20,2	20,2
АР Крим	0,7	0,5	0,4	-0,4	0,9	2,1	3,0	3,1	5,6	8,5	10,3	11,4	13,5	15,5	16,9	18,4	20,5	20,9
Дніпропетровська	-3,6	-3,0	-3,4	-4,4	-2,8	-1,2	0,2	1,1	3,9	7,6	10,0	11,8	14,0	15,8	17,1	18,5	20,1	19,8
Донецька	-4,0	-3,7	-4,3	-5,4	-3,8	-2,0	-0,5	0,6	3,2	7,2	9,8	11,2	13,4	15,2	16,7	18,1	19,8	19,8
Запорізька	-2,4	-2,0	-2,6	-3,5	-2,0	-0,6	1,0	1,7	4,3	7,8	10,1	11,7	13,8	15,8	17,4	18,7	20,7	20,7
Кіровоградська	-3,8	-3,2	-3,6	-4,1	-2,6	-1,2	0,0	1,0	3,7	7,4	9,3	11,2	13,5	15,6	16,4	17,9	19,3	19,1
Луганська	-4,7	-4,2	-4,8	-6,0	-4,4	-2,6	-1,0	-0,1	2,7	6,9	9,7	11,2	13,4	15,0	16,6	18,2	19,9	19,8
Миколаївська	-2,2	-1,8	-2,2	-2,4	-1,0	0,3	1,6	2,5	5,1	8,4	10,2	12,0	14,2	16,4	17,4	18,8	20,6	20,7
Одеська	-1,8	-1,3	-1,9	-1,7	-0,4	1,0	2,0	2,9	5,3	8,5	9,8	11,8	14,2	16,3	17,0	18,6	20,3	20,5
Херсонська	-1,7	-1,2	-1,6	-2,3	-0,9	0,4	1,8	2,4	5,0	8,1	10,2	11,8	13,9	16,0	17,3	18,7	20,7	20,9
Лісостеп	-4,0	-3,1	-3,8	-3,9	-2,7	-1,5	-0,4	0,8	3,4	6,8	8,7	10,9	13,4	15,1	15,6	17,2	18,4	18,3
Вінницька	-3,7	-3,0	-3,7	-3,4	-2,3	-1,1	0,0	1,1	3,7	7,1	8,5	10,9	13,3	15,2	15,5	16,9	18,2	18,2
Київська	-4,0	-2,8	-3,7	-3,7	-2,6	-1,5	-0,4	0,9	3,3	6,8	8,8	11,1	13,4	15,2	15,8	17,4	18,5	18,3
Полтавська	-4,5	-3,6	-4,0	-4,7	-3,3	-1,9	-0,6	0,7	3,2	7,0	9,5	11,3	13,6	15,4	16,3	18,0	19,3	18,9
Сумська	-5,4	-4,1	-4,9	-5,6	-4,2	-3,1	-1,9	-0,2	2,1	5,8	8,5	10,5	12,8	14,3	15,4	17,3	18,3	18,0
Тернопільська	-3,1	-2,5	-3,3	-2,7	-1,9	-0,8	-0,2	1,3	3,7	6,6	7,9	10,6	13,1	14,6	14,4	16,2	17,2	17,3
Харківська	-4,9	-4,2	-4,5	-5,5	-4,1	-2,5	-1,1	0,1	2,6	6,6	9,5	11,2	13,5	15,1	16,4	17,9	19,4	19,0
Хмельницька	-3,4	-2,9	-3,7	-3,3	-2,2	-1,2	-0,1	0,8	3,5	6,7	8,0	10,6	13,1	14,9	14,9	16,4	17,5	17,6
Черкаська	-3,9	-2,9	-3,6	-3,9	-2,6	-1,4	-0,2	0,9	3,4	7,1	9,0	11,1	13,5	15,5	16,1	17,7	19,0	18,6
Чернівецька	-3,0	-2,1	-3,0	-2,6	-1,2	-0,1	0,8	1,7	4,6	7,7	8,6	11,2	13,9	15,5	15,5	17,3	18,5	18,6
Полісся	-3,2	-2,4	-3,3	-2,8	-2,0	-1,1	-0,3	1,3	3,5	6,5	8,0	10,7	12,9	14,4	14,6	16,4	17,3	17,4
Волинська	-2,9	-2,0	-2,8	-2,3	-1,6	-0,9	-0,1	1,5	3,6	6,3	8,0	10,9	13,1	14,5	14,6	16,5	17,1	17,3
Житомирська	-3,7	-2,7	-3,6	-3,3	-2,4	-1,4	-0,7	0,8	3,2	6,4	8,2	10,7	12,9	14,6	15,0	16,5	17,6	17,5
Івано-Франківська	-2,8	-2,4	-2,9	-2,2	-1,5	-0,5	0,3	1,7	3,9	6,6	7,4	10,3	12,7	14,0	13,9	15,8	16,8	17,2
Львівська	-2,2	-1,8	-2,6	-1,7	-1,2	-0,2	0,6	2,1	4,2	6,8	7,9	10,9	13,2	14,3	14,2	16,2	17,0	17,3
Рівненська	-3,1	-2,3	-3,1	-2,8	-1,8	-0,9	-0,3	1,2	3,5	6,5	8,2	10,9	13,1	14,7	14,8	16,5	17,3	17,4
Чернігівська	-4,8	-3,5	-4,5	-4,7	-3,5	-2,6	-1,4	0,2	2,6	6,1	8,4	10,6	12,8	14,4	15,3	17,2	18,1	17,9
Закарпатська	-1,9	-1,8	-2,1	-1,7	-0,1	0,8	2,3	4,0	6,2	9,1	9,8	12,7	14,9	15,9	16,2	17,8	18,7	19,1

Степ	22,1	22,1	22,8	22,7	21,4	19,9	17,0	15,9	14,2	12,1	9,8	6,6	4,8	2,8	0,9	-1,2	-1,8	-2,1
АР Крим	23,0	23,0	23,6	23,6	22,5	21,2	18,3	17,2	15,9	13,9	11,7	8,8	7,4	5,8	4,2	2,2	1,5	1,6
Дніпропетровська	21,7	21,9	22,4	22,3	20,9	19,4	16,6	15,4	13,6	11,5	9,1	5,8	3,8	1,7	-0,1	-2,1	-2,8	-3,2
Донецька	21,4	21,8	22,3	22,0	20,7	19,2	16,3	14,9	13,1	11,0	8,8	5,1	3,1	1,0	-1,0	-3,1	-3,9	-3,6
Запорізька	22,6	22,7	23,3	23,1	21,8	20,3	17,5	16,3	14,6	12,5	10,1	6,8	4,7	2,8	1,0	-1,1	-1,8	-2,0
Кіровоградська	21,1	20,9	21,6	21,5	20,5	18,9	15,9	14,9	13,1	11,1	8,9	5,7	3,9	1,8	-0,2	-2,2	-2,7	-3,5
Луганська	21,1	21,5	22,0	21,7	20,1	18,6	16,1	14,4	12,5	10,5	8,3	4,8	2,9	0,6	-1,6	-3,5	-4,5	-4,2
Миколаївська	22,7	22,6	23,3	23,3	22,2	20,6	17,4	16,5	14,9	12,8	10,4	7,4	5,5	3,5	1,6	-0,6	-1,0	-1,8
Одеська	22,4	22,1	22,9	22,9	22,0	20,3	17,2	16,4	14,9	12,9	10,6	7,7	6,1	4,1	2,2	-0,1	-0,6	-1,6
Херсонська	23,1	22,8	23,6	23,6	22,3	20,7	17,8	16,8	15,1	13,1	10,6	7,5	5,6	3,8	2,0	-0,1	-0,7	-1,0
Лісостеп	20,0	19,8	20,5	20,2	19,2	17,7	15,0	13,8	12,2	10,3	8,3	5,1	3,5	1,3	-0,6	-2,6	-2,9	-4,1
Вінницька	19,9	19,4	20,3	20,1	19,2	17,6	14,8	13,8	12,2	10,4	8,5	5,4	4,1	1,8	-0,2	-2,3	-2,5	-3,9
Київська	20,2	19,8	20,7	20,3	19,1	17,7	15,0	13,6	11,9	10,1	8,2	5,1	3,5	1,4	-0,6	-2,5	-2,7	-4,0
Полтавська	20,8	20,9	21,4	21,1	19,8	18,4	15,6	14,2	12,4	10,5	8,3	5,0	3,0	0,9	-1,0	-3,0	-3,5	-4,3
Сумська	19,6	19,6	20,2	19,8	18,4	17,1	15,3	13,7	12,0	9,2	7,2	3,9	2,2	0,0	-2,2	-3,8	-4,5	-5,4
Тернопільська	18,9	18,5	19,2	19,0	18,3	16,8	14,2	13,1	11,8	10,3	8,5	5,6	4,2	2,0	0,3	-2,1	-1,9	-3,4
Харківська	20,7	20,9	21,5	21,1	19,6	18,2	15,7	14,1	12,1	10,3	8,0	4,6	2,6	0,4	-1,7	-3,6	-4,3	-4,7
Хмельницька	19,2	18,7	19,6	19,4	18,5	17,0	14,3	13,3	11,8	10,2	8,3	5,3	3,9	1,6	-0,1	-2,3	-2,4	-3,9
Черкаська	20,4	20,3	21,0	20,8	19,8	18,2	15,4	14,2	12,5	10,5	8,5	5,3	3,7	1,6	-0,3	-2,3	-2,7	-3,8
Чернівецька	20,2	19,8	20,5	20,3	19,7	18,0	15,2	14,3	12,8	11,1	9,2	6,1	4,6	2,3	0,5	-1,7	-1,6	-3,5
Полісся	19,1	18,7	19,5	19,1	18,2	16,8	14,2	12,9	11,5	9,9	8,1	5,3	3,9	1,8	0,0	-2,0	-2,0	-3,4
Волинська	19,0	18,6	19,5	19,0	18,3	16,7	14,3	12,8	11,4	10,1	8,2	5,5	4,1	2,2	0,4	-1,7	-1,5	-3,0
Житомирська	19,2	18,7	19,7	19,2	18,1	16,8	14,2	12,7	11,2	9,5	7,7	4,9	3,5	1,4	-0,4	-2,3	-2,5	-3,8
Івано-Франківська	18,8	18,3	18,9	18,8	18,2	16,7	14,0	13,0	11,8	10,2	8,4	5,9	4,3	2,1	0,2	-1,4	-1,4	-3,2
Львівська	18,8	18,4	19,1	18,9	18,4	16,8	14,2	13,2	12,0	10,6	8,9	6,2	4,9	2,8	1,0	-1,3	-0,9	-2,4
Рівненська	19,0	18,6	19,5	19,1	18,2	16,8	14,3	12,8	11,4	10,1	8,2	5,4	4,0	1,9	0,3	-1,9	-1,8	-3,3
Чернігівська	19,7	19,4	20,2	19,7	18,3	17,0	14,4	12,7	11,0	9,2	7,3	4,2	2,5	0,5	-1,6	-3,3	-3,8	-4,9
Закарпатська	20,6	20,0	20,7	20,9	20,2	18,7	15,7	14,9	13,7	12,2	10,1	7,1	5,9	4,2	2,4	0,0	-0,8	-2,5

Таблиця 5 – Температура повітря (°C) по місяцях та за рік

Агрокліматичні зони і області	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Степ	-2,5	-1,9	2,3	9,8	15,5	19,6	22,3	21,3	15,7	9,5	2,8	-1,7	9,4
АР Крим	0,5	0,8	3,9	10,1	15,3	19,9	23,2	22,4	17,1	11,5	5,8	1,7	11,0
Дніпропетровська	-3,3	-2,8	1,7	9,8	15,6	19,5	22,0	20,8	15,2	8,8	1,8	-2,7	8,9
Донецька	-4,0	-3,7	1,1	9,4	15,1	19,2	21,8	20,6	14,8	8,3	1,0	-3,5	8,3
Запорізька	-2,4	-2,0	2,3	9,8	15,7	20,0	22,8	21,8	16,1	9,8	2,9	-1,6	9,6
Кіровоградська	-3,5	-2,5	1,6	9,3	15,2	18,8	21,2	20,3	14,6	8,5	1,8	-2,8	8,5
Луганська	-4,6	-4,3	0,6	9,3	15,0	19,3	21,5	20,1	14,3	7,8	0,6	-4,0	8,0
Миколаївська	-2,0	-1,0	3,0	10,2	16,0	20,0	22,9	22,0	16,3	10,2	3,5	-1,1	10,0
Одеська	-1,7	-0,5	3,5	10,0	15,9	19,8	22,5	21,7	16,2	10,3	4,1	-0,8	10,1
Херсонська	-1,5	-0,9	3,0	10,0	15,7	20,1	23,2	22,2	16,5	10,4	3,8	-0,6	10,2
Лісостеп	-3,6	-2,8	1,3	8,8	14,7	18,0	20,1	19,0	13,6	7,9	1,4	-3,2	7,9
Вінницька	-3,5	-2,4	1,8	8,8	14,7	17,7	19,9	18,9	13,6	8,0	1,9	-2,9	8,0
Київська	-3,5	-2,6	1,3	8,9	14,9	18,1	20,3	19,0	13,6	7,8	1,5	-3,0	8,0
Полтавська	-4,0	-3,3	1,1	9,3	15,1	18,7	21,0	19,8	14,1	7,9	1,0	-3,6	8,1
Сумська	-4,8	-4,3	0,0	8,3	14,2	17,8	19,8	18,4	12,7	6,8	0,0	-4,6	7,0
Тернопільська	-2,9	-1,8	1,6	8,4	14,0	16,9	18,9	18,0	13,0	8,1	2,1	-2,5	7,8
Харківська	-4,5	-4,1	0,5	9,1	15,0	18,8	21,0	19,6	14,0	7,6	0,4	-4,2	7,8
Хмельницька	-3,3	-2,3	1,4	8,4	14,3	17,2	19,1	18,3	13,1	7,9	1,8	-2,9	7,8
Черкаська	-3,5	-2,6	1,4	9,1	15,0	18,4	20,6	19,6	14,0	8,1	1,7	-2,9	8,2
Чернівецька	-2,7	-1,5	2,4	9,2	15,0	18,2	20,2	19,3	14,1	8,7	2,5	-2,3	8,6
Полісся	-3,0	-2,0	1,5	8,4	14,0	17,1	19,1	18,0	12,9	7,8	1,9	-2,5	7,8
Волинська	-2,6	-1,6	1,7	8,4	14,1	17,0	19,0	18,0	12,9	8,0	2,2	-2,1	7,9
Житомирська	-3,3	-2,4	1,1	8,4	14,2	17,2	19,2	18,0	12,7	7,4	1,5	-2,9	7,7
Івано-Франківська	-2,7	-1,4	2,0	8,1	13,5	16,6	18,7	17,9	13,0	8,2	2,2	-2,0	7,8
Львівська	-2,2	-1,0	2,3	8,5	13,9	16,8	18,8	18,0	13,1	8,5	2,9	-1,5	8,2
Рівненська	-2,8	-1,9	1,5	8,5	14,2	17,1	19,1	18,0	12,9	7,8	2,1	-2,4	7,8
Чернігівська	-4,3	-3,6	0,5	8,4	14,2	17,7	19,8	18,3	12,7	6,9	0,5	-4,0	7,3
Закарпатська	-1,9	-0,3	4,1	10,5	15,7	18,5	20,5	19,9	14,7	9,8	4,1	-1,1	9,6

Таблиця 18 – Кількість опадів (мм) по декадах

Агрокліматичні зони і області	I			II			III			IV			V			VI		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Степ	12	9	13	9	12	11	11	11	12	11	13	12	10	11	21	19	22	25
АР Крим	11	8	12	10	10	9	11	11	11	11	13	10	11	9	15	18	14	21
Дніпропетровська	12	10	13	10	13	12	11	14	13	14	14	12	11	13	23	18	26	30
Донецька	15	13	18	12	15	14	14	15	13	11	17	13	13	12	21	21	24	31
Запорізька	14	11	14	11	13	11	12	15	13	14	14	11	11	10	19	19	24	24
Кіровоградська	11	9	11	6	11	11	11	11	11	13	12	12	10	12	26	22	26	29
Луганська	15	12	16	10	14	14	12	10	11	10	12	13	11	13	22	21	25	26
Миколаївська	11	7	10	6	11	11	8	9	11	10	11	10	8	11	24	18	19	22
Одеська	12	5	11	6	10	11	10	7	13	9	12	11	9	11	23	21	17	24
Херсонська	11	8	9	7	12	10	8	10	11	11	13	11	10	12	19	15	19	21
Лісостеп	12	9	12	8	13	12	12	11	11	14	15	16	13	14	27	25	27	29
Вінницька	13	8	10	7	12	10	12	8	10	13	17	17	12	15	26	30	27	29
Київська	10	8	11	7	11	12	14	10	10	14	14	16	14	13	27	27	29	28
Полтавська	12	12	14	8	12	14	13	16	11	15	13	16	14	13	24	18	21	29
Сумська	11	11	15	8	13	13	13	15	10	16	13	16	14	14	23	18	22	27
Тернопільська	11	7	11	10	14	11	12	10	13	14	15	14	13	17	33	24	31	28
Харківська	13	11	16	9	15	13	12	15	13	13	12	15	14	14	26	21	24	31
Хмельницька	13	7	12	9	13	11	11	8	11	14	16	16	12	13	29	31	31	29
Черкаська	11	9	11	7	12	12	13	12	10	13	14	16	12	13	27	24	25	30
Чернівецька	11	5	10	7	12	8	8	6	11	12	18	16	11	18	31	29	30	26
Полісся	11	8	12	10	13	11	12	11	12	15	16	14	15	19	30	26	32	29
Волинська	11	8	12	11	12	11	11	11	12	17	15	12	14	16	25	23	30	27
Житомирська	11	9	13	9	12	12	16	11	10	13	14	13	13	15	24	30	29	25
Івано-Франківська	11	5	10	9	13	9	10	9	18	14	22	16	16	26	40	32	42	33
Львівська	12	6	13	11	15	11	11	11	15	17	16	15	18	22	40	25	33	30
Рівненська	10	7	12	9	12	10	12	10	10	14	13	12	12	18	26	28	29	26
Чернігівська	11	12	15	10	15	13	14	13	10	17	15	14	15	17	26	20	27	31
Закарпатська	20	16	25	18	24	17	16	15	21	17	23	18	22	25	28	26	27	23

Продовження таблиці 18

Агрокліматичні зони і області	VII			VIII			IX			X			XI			XII		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Степ	17	15	18	15	12	18	21	13	12	10	10	15	11	17	14	11	13	16
АР Крим	10	9	14	17	15	18	20	12	10	7	11	15	11	16	14	12	13	16
Дніпропетровська	15	13	18	17	12	17	20	13	11	8	10	18	12	17	13	10	13	15
Донецька	19	15	19	14	12	15	21	14	14	11	10	18	13	18	15	12	16	22
Запорізька	17	14	17	16	9	16	18	10	13	6	11	16	12	17	15	12	14	19
Кіровоградська	21	19	21	17	11	26	25	14	13	15	9	15	9	17	14	9	12	14
Луганська	21	17	24	16	11	14	21	16	15	12	10	19	14	18	14	12	16	19
Миколаївська	19	15	17	10	14	21	24	14	11	11	10	12	10	15	13	11	10	14
Одеська	18	20	19	14	14	23	25	13	14	13	11	12	9	15	15	12	8	14
Херсонська	15	12	15	13	11	15	19	13	12	6	11	11	9	15	13	11	10	15
Лісостеп	28	27	25	24	17	22	26	18	15	14	11	16	12	15	15	9	13	14
Вінницька	33	31	23	31	17	29	29	18	13	11	10	13	10	12	19	10	13	13
Київська	26	24	23	29	20	20	26	16	17	15	11	14	11	15	16	9	14	14
Полтавська	22	21	20	17	13	19	26	16	16	17	10	22	13	18	13	9	13	17
Сумська	30	24	21	19	15	21	23	17	18	17	12	21	14	16	12	8	13	15
Тернопільська	28	29	33	24	24	24	26	25	15	13	12	12	12	14	12	9	15	15
Харківська	21	20	21	19	12	13	22	18	15	12	10	23	15	18	14	10	15	17
Хмельницька	33	35	31	25	21	23	26	23	15	12	11	12	12	14	15	10	14	14
Черкаська	23	22	22	23	13	24	27	13	16	17	11	15	12	17	15	10	13	14
Чернівецька	34	34	34	26	18	28	27	18	12	10	12	12	11	12	15	10	12	12
Полісся	29	30	33	26	21	22	27	22	17	15	14	14	14	16	14	10	15	14
Волинська	30	30	30	24	16	19	22	25	16	12	14	13	13	16	13	10	16	12
Житомирська	28	34	28	27	22	23	25	19	16	14	12	14	13	14	17	10	15	14
Івано-Франківська	29	30	45	31	26	30	31	23	22	15	15	15	14	15	12	9	14	16
Львівська	29	28	37	27	26	25	31	24	19	16	16	16	14	17	13	9	16	14
Рівненська	35	34	37	20	18	18	25	23	15	14	13	12	14	16	12	10	15	12
Чернігівська	26	25	21	25	19	20	27	19	18	18	13	17	16	17	16	10	16	16
Закарпатська	27	28	33	25	21	28	27	26	26	19	20	26	19	25	19	14	32	31

Таблиця 19 – Кількість опадів (мм) по місяцях, періодах та за рік

Агрокліматичні зони і області	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Холодний період (XI–III)	Теплий період (IV–X)	Рік
Степ	34	32	34	36	43	66	50	45	47	35	41	40	182	324	506
АР Крим	31	29	33	34	35	53	33	50	42	33	41	41	175	280	455
Дніпропетровська	35	35	38	40	47	74	46	46	44	36	42	38	188	333	521
Донецька	46	41	42	41	46	76	53	41	49	39	46	50	225	345	570
Запорізька	39	35	40	39	40	67	48	41	41	33	44	45	203	309	512
Кіровоградська	31	28	33	37	48	77	61	54	52	39	40	35	167	368	535
Луганська	43	38	33	35	46	72	62	41	52	41	46	47	207	349	556
Миколаївська	28	28	28	31	43	59	51	45	49	33	38	35	157	311	468
Одеська	28	27	30	32	43	62	57	51	52	36	39	34	158	333	491
Херсонська	28	29	29	35	41	55	42	39	44	28	37	36	159	284	443
Лісостеп	32	32	34	44	55	80	80	63	59	41	42	37	178	422	600
Вінницька	31	29	30	47	53	86	87	77	60	34	41	36	167	444	611
Київська	29	30	34	44	54	84	73	69	59	40	42	37	172	423	595
Полтавська	38	34	40	44	51	68	63	49	58	49	44	39	195	382	577
Сумська	37	34	38	45	51	67	75	55	58	50	42	36	187	401	588
Тернопільська	29	35	35	43	63	83	90	72	66	37	38	39	176	454	630
Харківська	40	37	40	40	54	76	62	44	55	45	47	42	206	376	582
Хмельницька	32	33	30	46	54	91	99	69	64	35	41	38	174	458	632
Черкаська	31	31	35	43	52	79	67	60	56	43	44	37	178	400	578
Чернівецька	26	27	25	46	60	85	102	72	57	34	38	34	150	456	606
Полісся	31	34	36	45	64	87	93	69	67	43	43	39	183	467	651
Волинська	31	34	34	44	55	80	90	59	63	39	42	38	179	430	609
Житомирська	33	33	37	40	52	84	90	72	60	40	44	39	186	438	624
Івано-Франківська	26	31	37	52	82	107	104	87	76	45	41	39	174	553	727
Львівська	31	37	37	48	80	88	94	78	74	48	44	39	188	510	698
Рівненська	29	31	32	39	56	83	106	56	63	39	42	37	171	442	613
Чернігівська	38	38	37	46	58	78	72	64	64	47	48	42	202	430	632
Закарпатська	61	59	52	58	75	76	88	74	79	65	63	77	313	515	828

**Розділ 3 Агрокліматична характеристика умов вирощування
сільськогосподарських культур**

3.1 Озимі зернові культури

Таблиця 33 – Дати сівби і настання фаз розвитку озимих зернових культур

Агрокліматичні зони і області	Сівба	Сходи	3-й листок	Кущіння	Припинення вегетації	Відновлення вегетації	Нижній вузол соломини	Колосіння	Цвітіння	Стиглість	
										молочна	воскова
Озима пшениця											
Степ											
АР Крим	12.10	30.10	01.11	30.03	01.12	13.03	28.04	22.05	28.05	14.06	26.06
Дніпропетровська	16.09	29.09	09.10	20.10	08.11	22.03	02.05	27.05	01.06	19.06	03.07
Донецька	11.09	24.09	03.10	13.10	03.11	27.03	09.05	29.05	05.06	20.06	03.07
Запорізька	19.09	05.10	12.10	21.10	14.11	21.03	30.04	26.05	02.06	17.06	02.07
Кіровоградська	12.09	24.09	04.10	13.10	01.11	19.03	28.04	27.05	03.06	20.06	05.07
Луганська	08.09	22.09	02.10	11.10	04.11	25.03	07.05	29.05	06.06	19.06	04.07
Миколаївська	16.09	29.09	09.10	22.10	18.11	13.03	23.04	21.05	29.05	13.06	28.06
Одеська	21.09	05.10	14.10	25.10	21.11	09.03	23.04	21.05	28.05	13.06	25.06
сонська	22.09	04.10	16.10	22.10	22.11	13.03	25.04	20.05	27.05	11.06	25.06
Лісостеп											
Вінницька	15.09	28.09	10.10	20.10	09.11	28.03	04.05	30.05	06.06	23.06	10.07
Київська	17.09	30.09	14.10	18.10/ 06.04*	31.10	21.03	04.05	29.05	05.06	22.06	09.07
Полтавська	14.09	27.09	07.10	15.10	08.11	25.03	03.05	28.05	03.06	21.06	06.07
Сумська	06.09	20.09	02.10	12.10	28.10	24.03	02.05	30.05	07.06	24.06	12.07
Тернопільська	18.09	02.10	12.10	22.10	01.11	24.03	30.04	31.05	06.06	02.07	14.07
Харківська	08.09	21.09	02.10	11.10	27.10	31.03	07.05	31.05	07.06	23.06	08.07
Хмельницька	17.09	01.10	15.10	25.10	12.11	24.03	07.05	02.06	08.06	25.06	12.07
Черкаська	17.09	30.09	14.10	24.10	01.11	18.03	05.05	27.05	04.06	21.06	06.07
Чернівецька	20.09	05.10	16.10	27.10	04.11	15.03	04.05	31.05	09.06	24.06	10.07

Агрокліматичні зони і області	Сівба	Сходи	3-й листок	Кущіння	Припинення вегетації	Відновлення вегетації	Нижній вузол соломини	Колосіння	Цвітіння	Стиглість	
										МОЛОЧНА	ВОСКОВА
Озима пшениця											
Полісся											
Волинська	25.09	10.10	25.10	31.10/ 30.03*	09.11	25.03	05.05	03.06	10.06	29.06	16.07
Житомирська	20.09	06.10	18.10	17.04	04.11	26.03	11.05	03.06	11.06	26.06	14.07
Івано-Франківська	22.09	06.10	22.10	27.10/18.04*	09.11	30.03	09.05	04.06	13.06	07.07	20.07
Львівська	27.09	12.10	19.10	25.10/19.04*	11.11	27.03	07.05	03.06	10.06	29.06	16.07
Рівненська	20.09	05.10	19.10	23.10/07.04*	02.11	26.03	03.05	01.06	07.06	27.06	15.07
Чернігівська	13.09	25.09	13.10	26.10	03.11	26.03	07.05	02.06	08.06	26.06	11.07
Закарпатська	05.10	24.10	31.10	08.11	13.11	20.03	06.05	30.05	09.06	27.06	14.07
Озиме жито											
Волинська	20.09	02.10	16.10	25.10	10.11	26.03	23.04	21.05	03.06	25.06	14.07
Житомирська	20.09	03.10	14.10	26.10	11.11	18.03	04.05	21.05	03.06	25.06	13.07
Чернігівська	13.09	25.09	07.10	20.10	05.11	28.03	30.04	22.05	02.06	23.06	12.07
Озимий ячмінь											
АР Крим	09.10	27.10	09.11	23.03	02.12	13.03	26.04	19.05	–	08.06	19.06

* У 50 % років кущіння відмічалось весною

Таблиця 34 – Запаси продуктивної вологи (мм) у 0-20 см шарі ґрунту
під озимими зерновими культурами

Додаток А6

Агрокліматичні зони і області	Осіньна вегетація									Весняно-літня вегетація														
	VIII			IX			X			XI			III		IV			V			VI			VII
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
Степ																								
АР Крим	12	15	15	16	16	18	20	23	28	30	33	32	29	26	23	17	15	13	14	11	14			
Дніпропетровська	14	16	18	18	17	17	21	25	27	30		32	29	26	23	18	14	14	14	13	16			
Донецька	17	18	20	21	21	22	24	28	31	33		36	32	30	27	23	20	17	18	15	17			
Запорізька		19	20	19	19	18	20	22	26	31		34	30	27	24	18	13	13	13	11	16			
Кіровоградська	17	22	23	21	22	22	25	28	30	31	32	34	31	29	25	20	14	18	17	16	18			
Луганська	17	20	23	24	23	22	26	31	34	36		35	34	31	28	23	20	17	19	15	17			
Миколаївська	13	19	20	20	19	21	23	24	27	28	30	30	27	25	22	17	13	14	14	12	12			
Одеська	15	21	21	21	22	23	24	25	26	28	29	30	28	27	23	19	15	15	16	14				
Херсонська		13	16	15	13	14	17	19	22	26	31	30	28	24	21	16	11	10	9	8				
Лісостеп																								
Вінницька	24	27	29	28	27	29	29	31	33	32		38	37	34	34	29	23	24	25	24	25	24		
Київська	22	29	28	28	30	29	30	35	36	39		38	38	37	33	28	22	21	23	23	26	21		
Полтавська	19	26	27	27	29	27	30	34	36	39		36	38	36	33	31	26	21	22	19	18	19		
Сумська	23	29	31	32	33	34	37	40	41	42			43	41	39	33	30	28	27	24	26	25		
Тернопільська	28	32	32	35	34	34	33	36	37	37		38	38	35	34	28	26	29	29	31	31	29		
Харківська	16	18	21	23	23	22	26	28	31	32		31	32	29	26	21	17	18	18	15	19	15		
Хмельницька	30	33	35	35	33	35	36	39	41	43		43	40	38	38	33	28	30	29	30	32	30		
Черкаська	17	23	22	21	23	24	26	29	31	34		33	32	30	28	22	17	18	19	17	19	16		
Чернівецька	27	27	30	28	27	28	30	31	33	35		34	32	32	32	27	27	28	28	29	30	30		
Полісся																								
Волинська	20	23	29	30	29	30	30	34	36	34		43	39	35	33	27	24	24	22	22	23	23		
Житомирська	28	33	36	35	37	36	39	42	45	47		48	50	44	41	36	30	29	28	29	31	28		
Івано-Франківська			36	38	36	40	39	40	42	41	44	51	45	45	43	37	34	35	37	37	37	33		
Львівська	32	38	39	37	36	38	38	41	42	42		46	44	40	38	34	32	34	32	31	30	29		
Рівненська	26	30	32	34	33	33	33	37	37	38		38	37	33	33	26	24	25	26	25	27	24		
Чернігівська	24	29	31	30	32	32	34	37	38	40			42	41	38	32	28	27	25	24	27	23		
Закарпатська		22	31	28	32	36	36	40	42	46		47	42	39	36	33	28	30	29	27	27	23		

Таблиця 35 – Запаси продуктивної вологи (мм) у 0-50 см шарі ґрунту
під озимими зерновими культурами

Додаток А7

Агрокліматичні зони і області	Осіньна вегетація									Весняно-літня вегетація														
	VIII			IX			X			XI			III		IV			V			VI			VII
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
Степ																								
АР Крим	26	37	35	40	40	46	49	54	59	66	79	76	70	65	58	46	38	32	34	27	32			
Дніпропетровська	34	41	43	42	41	40	48	57	62	69		76	72	65	60	47	37	33	30	26	31			
Донецька	40	49	47	45	45	45	45	58	71	77		87	81	76	69	60	52	46	45	34	40			
Запорізька		50	49	47	46	46	48	50	57	66		81	75	68	60	50	38	34	31	26	34			
Кіровоградська	30	48	52	45	43	46	56	64	68	68	78	83	76	73	66	55	42	43	41	38	42			
Луганська	39	51	44	47	46	43	45	61	74	79		84	81	75	70	59	50	43	44	35	33			
Миколаївська	36	52	51	47	45	49	55	54	58	62	72	71	67	62	56	46	36	35	32	28	27			
Одеська	37	47	45	45	42	48	51	50	61	67	71	73	68	67	60	52	41	38	37	35				
Херсонська			35	33	25	28	34	37	45	51	69	67	64	58	50	39	28	23	20	18				
Лісостеп																								
Вінницька	61	63	66	63	60	61	64	75	76	81		92	88	86	84	72	61	56	57	55	56	55		
Київська	56	69	70	68	67	67	72	81	82	87		94	93	99	85	73	59	53	53	53	57	51		
Полтавська	44	60	60	57	59	57	70	78	81	89		93	89	86	82	73	64	56	47	44	44	41		
Сумська	63	74	75	74	78	81	86	95	96	97		101	99	95	86	77	70	63	58	59	58			
Тернопільська	68	77	78	81	79	79	83	86	90	89		95	92	88	85	74	69	73	72	74	76	72		
Харківська	37	45	48	50	52	49	59	68	72	75		75	76	73	68	59	50	45	44	36	43	40		
Хмельницька	74	82	78	74	74	78	80	91	96	97		104	99	94	92	83	73	72	71	73	76	73		
Черкаська	39	54	52	49	52	55	63	70	74	78		85	81	78	73	61	47	44	44	39	43	39		
Чернівецька	70	70	76	73	71	72	75	75	78	84		87	82	83	82	73	72	73	74	78	76	77		
Полісся																								
Волинська		59	65	70	66	65	66	76	83	85		98	93	86	79	69	64	60	54	54	55	55		
Житомирська			81	82	81	81	88	95	101	108		112	116	107	101	91	79	73	71	72	71	66		
Івано-Франківська				89	79	91	102	105	102	99	108	120	111	109	104	96	86	85	89	88	91	84		
Львівська			91	92	88	89	95	99	102	108		111	109	104	100	91	86	87	84	81	81	77		
Рівненська				74	75	75	75	82	91	91		93	88	82	80	69	62	60	61	59	62	56		
Чернігівська		77	79	77	78	77	82	85	90	95			101	98	91	80	72	68	62	58	61	59		
Закарпатська	63	61	55	69	70	76	91	92	111		114	108	102	96	89	75	76	73	70	66	61			

Таблиця 36 – Запаси продуктивної вологи (мм) у 0-100 см шарі ґрунту
під озимими зерновими культурами

Агрокліматичні зони і області	Осіньна вегетація										Весняно-літня вегетація												
	VIII	IX			X			XI			III		IV			V			VI			VII	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
Степ																							
АР Крим	51	70	59	75	74	82	90	96	104	114	142	140	134	125	115	99	87	74	70	60	64		
Дніпропетровська	81	80	84	83	84	83	94	103	112	125		147	142	132	124	105	89	73	63	53	57		
Донецька	77	86	92	86	86	77	84	90	121	126		156	151	145	137	125	109	97	86	75	78		
Запорізька		98	96	88	87	88	91	95	104	115		145	139	128	120	102	81	71	61	53	62		
Кіровоградська	62	84	100	92	87	90	105	119	123	123	145	156	147	143	133	118	95	91	84	75	78		
Луганська	82	96	86	90	88	84	87	110	126	137		157	152	143	136	122	108	92	89	71	65		
Миколаївська	55	93	95	88	84	89	102	97	103	107	132	131	127	120	113	97	81	75	67	59	57		
Одеська	70	88	85	87	80	88	91	93	109	118	130	133	129	126	118	106	90	81	76	71			
Херсонська			62	57	47	51	58	61	71	79	118	116	113	105	95	78	60	48	38	35			
Лісостеп																							
Вінницька	113	128	128	119	118	122	130	139	141	146		174	173	169	166	151	134	126	122	117	110	108	
Київська	104	121	129	126	121	124	133	145	144	156		175	174	170	161	144	126	112	103	100	103	96	
Полтавська	92	114	118	110	109	106	129	143	147	159		175	167	162	153	136	118	106	92	79	83	77	
Сумська	120	132	135	134	138	140	145	155	161	170			179	175	169	158	146	132	120	109	108	107	
Тернопільська	140	153	155	161	153	158	162	165	176	179		188	187	179	172	158	150	151	148	149	151	147	
Харківська	81	90	94	99	101	98	112	127	135	135		148	151	146	135	124	109	98	91	76	81	79	
Хмельницька	147	159	154	147	146	150	155	171	179	173		196	190	184	179	166	151	146	147	144	144	142	
Черкаська	75	101	97	97	100	105	117	127	132	138		162	155	149	144	127	107	97	88	78	80	75	
Чернівецька	150	142	154	150	148	147	155	153	153	160		175	166	167	164	158	155	155	149	159	158	160	
Полісся																							
Волинська		119	125	131	125	124	129	141	154	155		187	177	171	160	143	131	128	116	112	113	114	
Житомирська			152	153	147	144	153	162	175	188		203	211	198	191	176	158	146	144	145	140	132	
Івано-Франківська						189	196	201	197	187	210	222	209	215	204	190	177	177	176	169	179	172	
Львівська				183	184	184	188	190	192	206		221	213	206	203	193	188	188	181	178	176	172	
Рівненська				146	130	135	130	137	158	165		175	168	160	157	139	129	124	123	115	120	112	
Чернігівська		147	149	148	147	144	152	152	163	171			186	183	171	155	142	138	124	118	120	115	
Закарпатська		147	129	120	144	152	158	172	197	215		244	224	225	221	207	188	182	183	176	170	162	

ДОДАТОК Б

Додаток Б1

Таблиця 2.9 – Розрахункові зміни величин температури повітря та атмосферних опадів, отримані на основі нестационарної моделі *GFDL* (в середньому по Україні)

Період	Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середнє за рік
Четверте десятиріччя (2000-2010)	Температура (різниця)	1,17	1,80	3,41	1,45	- 0,02	0,37	- 0,60	0,39	2,12	1,91	1,78	1,23	1,17
	Опади (відношення)	0,85	1,18	1,06	1,08	1,17	1,30	1,44	1,09	1,03	0,76	1,19	0,97	1,06
Сьоме десятиріччя (2030-2040)	Температура (різниця)	3,79	2,16	3,71	1,99	1,12	1,87	0,63	2,25	2,42	2,56	1,68	2,53	2,22
	Опади (відношення)	0,95	1,15	1,25	0,89	1,20	1,27	1,48	0,96	0,80	0,95	1,20	0,93	1,07
Десяте десятиріччя (2070-2080)	Температура (різниця)	6,05	3,09	4,46	3,32	2,65	3,21	3,88	4,72	3,74	4,26	3,93	5,06	4,03
	Опади (відношення)	1,02	1,40	1,29	1,25	1,30	1,34	1,10	0,97	1,07	0,87	1,24	1,05	1,15

Таблиця 2.10 – Розрахункові зміни величин температури повітря та атмосферних опадів, отримані на основі нестационарної моделі *GFDL*. Полісся

Період	Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середнє за рік
Четверте десятиріччя (2000-2010)	Температура (різниця)	2,65	4,04	8,58	3,45	-0,43	-0,49	-2,54	0,54	4,76	4,85	1,07	3,49	1,07
	Опади (відношення)	0,85	1,36	1,06	1,08	1,37	1,40	1,43	1,01	0,92	0,82	1,22	0,92	1,10
Сьоме десятиріччя (2030-2040)	Температура (різниця)	8,50	5,27	8,80	5,49	2,36	4,09	1,25	5,06	5,86	5,91	3,89	6,97	2,30
	Опади (відношення)	0,88	1,39	1,20	0,98	1,34	1,32	1,49	0,90	0,69	1,01	1,24	0,83	1,09
Десяте десятиріччя (2070-2080)	Температура (різниця)	14,87	7,24	10,48	7,61	5,36	5,84	8,22	10,81	8,37	9,62	9,53	12,81	4,00
	Опади (відношення)	1,03	1,70	1,25	1,38	1,48	1,47	1,15	0,83	1,03	0,91	1,23	0,98	1,19

Табл. 2.11 – Розрахункові зміни величин температури повітря та атмосферних опадів, отримані на основі нестационарної моделі *GFDL*. Лісостеп

Період	Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середнє за рік
Четверте десятиріччя (2000-2010)	Температура (різниця)	2,68	3,68	8,70	3,34	-0,43	0,63	-2,04	1,23	5,57	4,47	1,32	3,30	1,09
	Опади (відношення)	0,88	1,24	1,07	1,12	1,15	1,29	1,54	1,01	0,96	0,74	1,21	0,97	1,07
Сьоме десятиріччя (2030-2040)	Температура (різниця)	8,98	4,93	8,84	5,08	2,40	4,76	1,60	5,82	6,46	5,85	3,85	6,53	2,16
	Опади (відношення)	1,01	1,21	1,26	0,89	1,21	1,28	1,46	0,95	0,71	0,93	1,19	0,93	1,07
Десяте десятиріччя (2070-2080)	Температура (різниця)	15,02	7,35	10,85	7,73	5,85	7,55	9,43	11,97	9,14	9,70	9,39	12,27	3,88
	Опади (відношення)	1,08	1,51	1,23	1,26	1,31	1,31	1,13	0,90	0,99	0,83	1,24	1,00	1,15

Табл. 2.12 – Розрахункові зміни величин температури повітря та атмосферних опадів, отримані на основі нестационарної моделі *GFDL*. Степ

Період	Показник	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середнє за рік
Четверте десятиріччя (2000-2010)	Температура (різниця)	3,24	5,55	7,97	3,87	0,68	2,67	0,17	1,16	5,49	4,79	3,36	2,36	1,27
	Опади (відношення)	0,83	1,00	1,08	1,05	1,01	1,15	1,31	1,51	1,54	0,73	1,13	1,07	1,03
Сьоме десятиріччя (2030-2040)	Температура (різниця)	10,51	5,85	9,97	4,11	3,53	5,10	1,93	5,92	5,82	7,21	4,74	5,31	2,18
	Опади (відношення)	0,97	0,92	1,31	0,84	1,06	1,21	1,41	1,24	1,35	0,92	1,16	1,06	1,06
Десяте десятиріччя (2070-2080)	Температура (різниця)	14,79	8,37	11,88	9,24	8,42	10,63	11,29	12,33	10,31	12,30	10,14	12,44	4,11
	Опади (відношення)	0,94	1,07	1,39	1,13	1,13	1,18	0,94	1,50	1,40	0,87	1,25	1,20	1,13

Додаток В

1

Vinniza

Кількість років

02

Середня за рік температура повітря (град. С);

08.0 10.2

Сума опадів за рік (мм);

611 648

ДОДАТОК Г

М Е Т О Д

РАСЧЕТА СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕПЛООВОГО И ВОДНОГО
БАЛАНСА И ПРОДУКТИВНОСТИ ФИТОЦЕНОЗА ЗА ГОД

ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Vinniza

2

Средняя за год температура воздуха, град.С:

8.0 10.2

Сумма осадков за год, мм:

611.648.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

ТАБЛИЦА

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕПЛООВОГО И ВОДНОГО БАЛАНСА ЗА ГОД
ПРОДУКТИВНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

iii Prod i Csoil i E0 i RadBal i Defwl i Ebyd1 i Wlgoob i

i 1i 0.3716 i20.4385 i1337.92 i 45.99i 106.10 i 504.90i 0.513i

i 2i 0.4027 i20.9491 i1586.52 i 56.29i 93.96 i 554.04i 0.491i

RadBal-радиационный баланс за год, ккал/см²

E0- испаряемость за год, мм

Ssoil - количество гумуса в почве,кгС/м²

Ebyd1- суммарное испарение за год (с поправкой), мм

Defwl - дефицит влаги, (Os(j)-Ebyd1(j)), мм

Wlgoob - влагообеспеченность растительности,

(Ebyd1/(0.64*E0),относит.един.

Prod - годовая продуктивность растительности суши

кгС/м² за год (по А.М. Тарко "Антр изм", стр. 101

ДОДАТОК Д
Координати гідрометеорологічних станцій

1	Володимир-Волинський	193	50	50	24	19
2	Ковель	174	51	13	24	41
3	Броди	225	50	6	25	9
4	Луцьк	192	50	45	25	20
5	Любешів	149	51	46	25	31
6	Сарни	153	51	21	26	37
7	Новоград-Волинський	216	50	36	27	37
8	Коростень	185	50	57	28	37
9	Овруч	168	51	19	28	47
10	Житомир	219	50	16	28	38
11	Поліське	134	51	15	29	17
12	Чернігів	113	51	29	31	17
13	Щорс	127	51	48	31	57
14	Семенівка	160	52	11	32	35
15	Тернопіль	334	49	34	25	36
16	Ямпіль	251	49	57	26	13
17	Рівне	230	50	35	26	8
18	Шелетівка	277	50	10	27	3
19	Хмельницький	297	49	26	27	0
20	Вінниця	281	49	14	28	28
21	Крижополь	290	48	22	28	52
22	Біла Церква	174	49	47	30	11
23	Умань	214	48	46	30	14
24	ім. Старченко (Миронівка)	151	49	39	30	59
25	Шевченко (Сміла)	99	49	12	31	54
26	Ніжин	124	51	3	31	54
27	Яготин	125	50	13	31	48
28	Конотоп	144	51	14	33	12
29	Лубни	156	50	1	33	0
30	Суми	172	50	53	34	43
31	Полтава	160	49	36	34	33
32	Харків	147	49	58	36	15
33	Затишшя	193	47	20	29	53
34	Любашівка	181	47	51	30	16
35	Первомайськ	105	48	3	30	51
36	Вознесенськ	26	47	34	31	20
37	Бобринець	142	48	4	32	9
38	Кіровоград	171	48	30	32	15
39	Кривий Ріг	99	47	56	33	20
40	Комісарівка	118	48	26	33	54
41	Губиниха	127	48	49	35	16
42	Пришиб	86	47	16	35	20
43	Чапліно	173	48	8	36	14
44	Лозова	185	48	54	36	19
45	Волноваха	266	47	37	37	29
46	Донецьк	262	48	0	37	50
47	Сватове	86	49	25	38	10
48	Луганськ	59	48	34	39	15
49	Болград	80	45	41	28	38
50	Сарата	12	46	1	29	40
51	Сербка	72	47	1	30	45
52	Миколаїв	58	46	57	32	9

53	Бехтери	6	46	15	32	18
54	Асканія-Нова	28	46	27	33	53
55	Нижні Сірогози	54	46	51	34	24
56	Мелітополь	33	46	50	35	22
57	Роздольне	10	45	47	33	15
58	Джанкой	12	45	43	34	24
59	Клепініно	37	45	37	34	12
60	Білогірськ	188	45	3	34	37
61	Берегове	112	48	13	22	38
62	Ужгород	115	48	36	22	19
63	Івано-Франківськ	244	48	56	24	44
64	Коломия	295	48	32	25	2
65	Чернівці	234	48	17	25	56

ДОДАТОК Е

1

Vinniza sr 2005

Число декад; число дней от 1-го января; дата восходов
месяц восходов; широта пункта

11102 28 3 49.14

Summa osadkov za dekadu (mm):'

10.0 13.0 17.0 17.0 12.0 15.0 26.0 30.0 27.0 29.0 33.0

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

03.7 07.1 08.5 10.9 13.3 15.2 15.5 16.9 18.2 18.2 19.9

Chislo dney v raschetnoy dekade:'

03 10 10 10 10 10 11 10 10 10 10

ДОДАТОК Ж

MODEL RASCHETA DEFIZITA WLAGNOSTI WOZDUXA I SUMMARNYOY SOLNECHNOY RADIAZII

VXODNAJ INFORMAZIJ

Vinniza sr 2005

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov
mesjz vsxodov; schirota punkta:

11102 28 3 49.14

Summa osadkov za dekadu (mm):

10.0 13.0 17.0 17.0 12.0 15.0 26.0 30.0 27.0 29.0 33.0

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

3.7 7.1 8.5 10.9 13.3 15.2 15.5 16.9 18.2 18.2 19.9

Chislo dney v rasetnoy dekade:

3 10 10 10 10 10 11 10 10 10 10

REZULTATI RASCHETOV

iDEK i CYT i Os i ts i dww i Soln Rad i SRad i

i 1	i 3	i 10.0	i 3.7	i 3.9	i 0.366	i 255.332
i 2	i 13	i 13.0	i 7.1	i 5.2	i 0.390	i 271.684
i 3	i 23	i 17.0	i 8.5	i 5.5	i 0.399	i 278.417
i 4	i 33	i 17.0	i 10.9	i 6.3	i 0.487	i 339.683
i 5	i 43	i 12.0	i 13.3	i 7.2	i 0.534	i 372.303
i 6	i 53	i 15.0	i 15.2	i 7.6	i 0.571	i 398.126
i 7	i 64	i 26.0	i 15.5	i 7.3	i 0.522	i 363.695
i 8	i 74	i 30.0	i 16.9	i 7.6	i 0.561	i 391.017
i 9	i 84	i 27.0	i 18.2	i 8.1	i 0.597	i 416.388
i 10	i 94	i 29.0	i 18.2	i 8.0	i 0.529	i 368.448
i 11	i 104	i 33.0	i 19.9	i 8.3	i 0.576	i 401.151

Os - summa osadkov za dekadu (mm)

ts - srednj za dekadu temperatura vozduxa)

dww - srednij za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb)

Soln Rad - srednj za dekadu summarnaj solnechnaj
radiazij (kal/ sm² min)

SRad - srednj za dekadu summarnaj solnechnaj
radiazij (Wt/ m²)

ДОДАТОК 3
Створення файлу вхідної інформації «ModOzim.dat» для виконання
розрахунків

1
Vinniza sr 2011
Число декад; число дней от 1-го января; дата всходов
месяц всходов; широта пункта
11102 28 3 49.14
Sredn. za dekadu tempratura vozduxa (grad. C):'
03.7 07.1 08.5 10.9 13.3 15.2 15.5 16.9 18.2 18.2 19.9
Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):'
3.9 05.2 05.5 06.3 07.2 07.6 07.3 07.6 08.1 08.0 08.3
Summa osadkov za dekadu (mm):'
10.0 13.0 17.0 17.0 12.0 15.0 26.0 30.0 27.0 29.0 33.0
Sredn. za dekadu solnechnaj radiacij (Wt/m2):'
255.000 271.000 278.000 339.000 372.000 398.000 364.000 391.000 416.000 368.000
401.000
Chislo dney v raschetnoy deкаде: '
03 10 10 10 10 10 11 10 10 10 10
Informazionniy massiv, parametri modeli (inf):'
0.135 0.105 0.155 0.000 0.200 950.000 184.000 280.000 240.000 220.000
270.000 270.000 600.000 300.000 0.600 0.500 380.000 380.000 2.000 45.000
0.270 0.360 0.220 0.150 25.000 260.000 05.000 18.000 174.000
inf(1)-Inf(4) начальные массы листьев, стеблей, корней, колосьев; inf(5)-начальная
площадь листьев; inf(6) сумма температур за период всходы (воз.вегет.) - воск спелость
inf(7)- Наим. влагоемкость в слое 0-100 см; inf(8)-Сумма т-р для альфа Ф; inf(9) -
сумма т-р для альфа Р; inf(10) -inf(13) -суммы т-р для ростовых функций листьев,
стеблей,
корней, колосьев; inf(14)-сумма т-р для начала роста колоса; inf(15)-начало кривой
альфа Ф; inf(16)-начало кривой альфа Р; inf(17)- ожидаемая концентрация CO₂;
inf(18) - текущая концентрация CO₂; inf(19) равно 2; inf(20)- удельн. поверхностная
плотность листьев; inf(21)-inf(24)- доля листьев, стеблей, корней, колосьев при
созревании; inf(25)-плато световой кривой фотосинтеза;
inf(26)- наклон световой кривой фотосинтеза; inf(27) -биологический нуль культуры;
inf(28) -оптимальная для фотосинтеза температура воздуха;
inf(29)- запасы влаги в почве на начало расчета в слое 0-100 см

ДОДАТОК И
Додаток 9=И

БАЗОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ С-Х КУЛЬТУР

ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Vinniza sr 2011

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov
mesjz vsxodov; schirota punkta:

11102 28 3 49.14

Summa osadkov za dekadu (mm):

10.0 13.0 17.0 17.0 12.0 15.0 26.0 30.0 27.0 29.0 33.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

3.9 5.2 5.5 6.3 7.2 7.6 7.3 7.6 8.1 8.0 8.3

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

3.7 7.1 8.5 10.9 13.3 15.2 15.5 16.9 18.2 18.2 19.9

Sredn.za dekadu colnechnaj radiazij, Wt/m2

255.000 271.000 278.000 339.000 372.000 398.000 364.000 391.000 416.000 368.000
401.000

Chislo dney v rasetnoy deкаде:

3 10 10 10 10 10 11 10 10 10 10

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.135 0.105 0.155 0.000 0.200 950.000 184.000 280.000 240.000 220.000
270.000 270.000 600.000 300.000 0.600 0.500 380.000 380.000 2.000 45.000
0.270 0.360 0.220 0.150 25.000 260.000 5.000 18.000 174.000

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

СУХАЯ БИОМАССА ОРГАНОВ (г/м2)

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

i 1i 3 i 0.132i 0.101i 0.153i 0.000i 0.395i 0.000i
i 2i 13 i 4.006i 4.121i 2.609i 0.000i 0.386i 0.000i
i 3i 23 i 10.616i 10.268i 6.366i 0.000i 10.735i 0.000i
i 4i 33 i 24.580i 21.313i 13.115i 0.000i 27.249i 0.000i
i 5i 43 i 52.598i 42.285i 25.931i 0.000i 59.008i 0.000i
i 6i 53 i 91.039i 88.894i 54.415i 0.074i 120.814i 0.006i
i 7i 64 i 119.792i 173.099i 105.874i 6.177i 234.423i 0.528i
i 8i 74 i 120.032i 225.600i 137.958i 96.376i 404.941i 8.240i
i 9i 84 i 111.169i 208.856i 127.716i 257.192i 579.966i 21.990i
i 10i 94 i 102.525i 189.090i 115.629i 347.578i 704.934i 29.718i
i 11i 104 i 93.498i 168.441i 103.002i 404.329i 754.822i 34.570i

 ml,ms,mr,mp,m - suxaj massa listjev, stebley
 korney, kolosjev,zelogo rastenij (g/m2)
 urogay zerna pri 14% wlagnosti zerna(z/ga)

 Площадь листьев,радиация,суммы т-р,функции влияния

idek icyt i LL i q i DM(g/m2)i ts2 i fl i ksifl i gamf i

i 1	i 3	i 0.20	i 348.78	i -0.009	i 0.000	i 0.000	i 0.000	i 1.00
i 2	i 13	i 0.29	i 368.00	i 10.349	i 21.000	i 1.162	i 0.528	i 1.00
i 3	i 23	i 0.43	i 370.98	i 16.514	i 56.000	i 1.998	i 0.594	i 0.99
i 4	i 33	i 0.74	i 440.93	i 31.758	i 115.000	i 4.108	i 0.711	i 0.97
i 5	i 43	i 1.37	i 467.80	i 61.806	i 198.000	i 8.578	i 0.828	i 0.91
i 6	i 53	i 2.22	i 479.93	i 113.609	i 300.000	i 16.387	i 0.911	i 0.86
i 7	i 64	i 2.86	i 416.00	i 170.519	i 415.500	i 22.054	i 0.923	i 0.88
i 8	i 74	i 2.86	i 418.70	i 175.025	i 534.500	i 22.821	i 0.972	i 0.91
i 9	i 84	i 2.21	i 412.74	i 124.968	i 666.500	i 14.892	i 1.000	i 0.93
i 10	i 94	i 1.57	i 331.32	i 49.889	i 798.500	i 5.623	i 1.000	i 0.97
i 11	i 104	i 0.90	i 316.05	i 14.449	i 947.50	i 1.545	i 1.000	i 1.00

LL - odnositel'naj ploschad listjev (m2/m2)

q - summarnaj za sutki solnechnaj radiacij
 (kal/ sm2 sutki)

DM - prirost suxoy massi (g/m2 za dekadu)

fl - fotosintez poseva za svetloe vremj sutok (g/m2)

ksi - temperaturnaj krivaj fotosinteza, (otn. ed.)

gamfm - funkcij vlijnij wlagnosti pochvi na fotosintez
 otn. ed.

 Ростовые функции,онтоген.кривая фотосинт.и дыхания.

iDEK i CYT i bl i bs i br i bp i afl i arl i W0 i

i 1	i 3	i 0.364	i 0.395	i 0.241	i 0.000	i 0.600	i 0.500	i 187.2	i
i 2	i 13	i 0.374	i 0.388	i 0.237	i 0.000	i 0.625	i 0.534	i 175.3	i
i 3	i 23	i 0.400	i 0.372	i 0.227	i 0.000	i 0.688	i 0.619	i 168.4	i
i 4	i 33	i 0.440	i 0.348	i 0.213	i 0.000	i 0.787	i 0.757	i 158.2	i
i 5	i 43	i 0.453	i 0.339	i 0.207	i 0.000	i 0.909	i 0.922	i 143.4	i
i 6	i 53	i 0.338	i 0.410	i 0.251	i 0.001	i 0.990	i 0.987	i 133.2	i
i 7	i 64	i 0.169	i 0.494	i 0.302	i 0.036	i 0.950	i 0.827	i 136.0	i
i 8	i 74	i 0.050	i 0.300	i 0.183	i 0.467	i 0.766	i 0.500	i 143.9	i
i 9	i 84	i 0.004	i 0.041	i 0.025	i 0.929	i 0.500	i 0.205	i 148.2	i
i 10	i 94	i 0.001	i 0.011	i 0.006	i 0.982	i 0.257	i 0.054	i 158.4	i
i 11	i 104	i 0.000	i 0.006	i 0.004	i 0.989	i 0.100	i 0.009	i 172.1	i

 bl,bs,br,bp - rostovie funkzii listjev, stebley
 korney, kolosjev (otn. ed.)

afl - ontogeneticheskaj krivaj fotosinteza (otn.ed.)
arl - ontogeneticheskaj krivaj dixanij (otn.ed.)
W0 - raschitannie zapasi wlagi v 0 - 100 sm (mm)

Summarnoe isparenje i isparjemost

iDEK i CYT i Eakt i E0 i Wlagoob i

i 1 i 3 i	6.8	i 11.9 i	0.9 i
i 2 i 13 i	24.9	i 42.1 i	0.9 i
i 3 i 23 i	23.8	i 42.5 i	0.9 i
i 4 i 33 i	27.2	i 51.2 i	0.8 i
i 5 i 43 i	26.8	i 54.5 i	0.8 i
i 6 i 53 i	25.2	i 56.0 i	0.7 i
i 7 i 64 i	23.2	i 52.9 i	0.7 i
i 8 i 74 i	22.1	i 48.4 i	0.7 i
i 9 i 84 i	22.7	i 47.7 i	0.7 i
i 10 i 94 i	18.8	i 37.6 i	0.8 i
i 11 i 104 i	19.2	i 35.7 i	0.8 i

Eakt - Summarnoe isparenje (mm)

E0 - isparjemost (mm)

Wlagoob - wlogoobespechennost (otn.ed.)

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Теоретична частина.....	5
Тема 1. Динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур.....	5
1.1 Теоретичні основи моделювання процесу формування урожаю.....	5
1.2 Прикладна динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур.....	7
Тема 2. Методи визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово- кліматичних зон.....	12
2 Практична частина.....	20
Практична робота 1. Техніка оцінки складових теплового і водного балансу та річної продуктивності фітоценозів за сценарієм зміни клімату.....	20
Практична робота 2. Техніка розрахунку дефіциту вологості повітря та інтенсивності сумарної сонячної радіації протягом періоду вегетації сільськогосподарських культур за сценарієм зміни клімату.....	22
Практична робота 3. Техніка розрахунку за моделлю формування урожаю сільськогосподарських культур за середніми багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату.....	25
Контрольні питання.....	32
Література.....	33
Додатки.....	35
1 А	
2 Б	
3 В	
4 Г	
5 Д	
6 Е	
7 Ж	
8 З	
9 И	

Методичні вказівки до практичних занять магістрів з дисципліни
«Моделювання гідрометеорологічного режиму рослинного покриву»
для магістрів V курсу

Напрямок підготовки – Гідрометеорологія

Спеціальність – Агromетеорологія

Укладач: д.г.н., проф. Польовий Анатолій Миколайович

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65012, Одеса, вул. Львівська, 15
