

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

РОЗРАХУНОК РАДІАЦІЙНОГО ТА ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ
ПОСІВІВ

Методичні вказівки до практичних занять
з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» змістовний модуль
«Моделювання водно-теплого режиму та продуктивності агроєкосистем»
для студентів IV курсу гідрометеорологічного інституту
Напрямок – "Гідрометеорологія"
ПДВ – ГМ7

Одеса –2014

Методичні вказівки з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» змістовний модуль «Моделювання водно-теплого режиму та продуктивності агроєкосистем» для студентів IV курсу гідрометеорологічного інституту з напрямку – "Гідрометеорологія", ПДВ – ГМ7, 8 семестр, рівень підготовки - бакалавр //Укладачі: д.геогр.н., професор Польовий А. М., к.геогр.н. Костюкевич Т.К. Одеса, ОДЕКУ, 2014 р., с.23, укр. мовою.

Вступ

Метою методичних вказівок є методичне забезпечення практичних занять з розділу курсу "Сільськогосподарська метеорологія". Основним завданням цього курсу є вивчення закономірностей формування гідрометеорологічного режиму у рослинному покриві та вплив факторів довкілля на ріст, розвиток та формування продуктивності рослин.

Ця методична робота присвячена методам розрахунку характеристик сонячної радіації і режиму зволоження посівів сільськогосподарських культур за допомогою даних стандартних гідрометеорологічних спостережень. Методи, що пропонуються, реалізовані на мові «Фортран» для ПЕОМ і призначаються для оцінки умов росту сільськогосподарських культур в Україні. Передбачається, що розрахунки за допомогою запропонованих методів можуть виконуватися як за даними окремих станцій, так і за середньорайонними або середньообласними даними.

Програма для ПЕОМ для виконання розрахунків є в фонді алгоритмів та програм кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів.

Після виконання практичної роботи студенти повинні знати теоретичні основи методів розрахунку, способи підготовки вхідної інформації для виконання розрахунків та виконання розрахунків за допомогою ПЕОМ.

Вміти: вести підготовку вхідної інформації, виконувати розрахунки за допомогою ПЕОМ, вести інтерпретацію отриманих результатів.

I. Теоретична частина

1.1 Теоретичні основи методів розрахунку

У основу розробки ми беремо існуючі й вдосконалені методи розрахунку характеристик радіаційного і водного режиму, які відповідають вимогам включення їх в автоматизовану систему агрометеорологічного забезпечення сільського господарства.

1.1.1 Радіаційний і тепловий режим рослинного покриву

Радіаційний баланс рослинного покриву можна представити у вигляді суми довгохвильової і короткохвильової радіації:

$$R_L = Q_L + F_L ; \quad (1.1)$$

$$R_S = Q_S + F_S , \quad (1.2)$$

де R_L, R_S – радіаційний баланс рослинного покриву (РП) і поверхні ґрунту (ПГ);

Q_L, Q_S – величини поглиненої короткохвильової радіації РП і ПГ;

F_L, F_S – величини балансу довгохвильової радіації РП і ПГ.

Величини *поглиненої короткохвильової радіації* РП і ПГ визначимо за співвідношеннями:

$$Q_L = Q_o (1 - \alpha_{LS}), \quad (1.3)$$

$$Q_S = Q_o a_Q (1 - \alpha_S), \quad (1.4)$$

де Q_o – сумарна короткохвильова радіація над верхньою межею РП;

α_{LS}, α_S – альбедо РП і ПГ;

a_Q – функція пропускання сумарної радіації РП.

Альбедо РП визначимо за формулою Ю.К. Росса [1975]:

$$\alpha_{LS} = \alpha_{Lh_0} + (\alpha_S - \alpha_{Lh_0}) \exp[-L(1 + \operatorname{ctgh}_o / \pi)], \quad (1.5)$$

де

$$\alpha_{Lh_0} = \frac{0,4084}{1 + 1,1832 \sinh_o}.$$

Альbedo ПГ знайдемо в залежності від зволоження ґрунту за допомогою рівняння А.Т. Нагієва [1981]:

$$\begin{aligned} \alpha_S^{\max} & \quad \text{при } W_{SS} < W_{WP} \\ \alpha_S & = \alpha_S^{\max} - (\alpha_S^{\max} - \alpha_S^{\min}) \frac{W_{SS} - W_{WP}}{W_{FC} - W_{WP}} \quad \text{при } W_{WP} \leq W_{SS} \leq W_{FC} \quad (1.6) \\ \alpha_S^{\min} & \quad \text{при } W_{SS} > W_{FC}, \end{aligned}$$

де α_S – альbedo ПГ;

$\alpha_S^{\max}, \alpha_S^{\min}$ – альbedo сухого і досить зволоженого ґрунту;

W_{SS} – вологість поверхневого шару ґрунту;

W_{WP} – вологість стійкого в'янення;

W_{FC} – найменша вологоємність ґрунту.

Функцію пропускання сумарної радіації знайдемо за формулою Х.Г. Тоомінга і Ю.К. Росса [1964]:

$$a_Q = (1 - c_2) \exp\left(-\frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_s^L L}{\sinh_o}\right), \quad (1.7)$$

де c_2, c_3 – емпіричні постійні;

k_s^L – емпірична постійна, що характеризує вплив геометричної структури РП на пропускання сонячної радіації.

Величини балансу довгохвильової радіації визначимо аналогічно О.Д. Сиротенко [1981] за формулами:

$$F_L = (F_A + \varepsilon_S \sigma T_S^4 - 2\varepsilon_L \sigma T_L^4)(1 - e^{-kL}), \quad (1.8)$$

$$F_S = F_A e^{-kL} - \varepsilon_S \sigma T_S^4 + \varepsilon_L \sigma T_L^4 (1 - e^{-kL}), \quad (1.9)$$

де F_A – противипромінювання атмосфери

$\varepsilon_L, \varepsilon_S$ – коефіцієнти сірості листя;

σ – стала Стефана-Больцмана;

T_L, T_S – температура листя і ґрунту;

k – емпіричний параметр орієнтації листя.

Противипромінювання атмосфери визначимо за виразом:

$$F_A = \varepsilon_a \sigma T_a^4, \quad (1.10)$$

T_a – температура повітря;

ε_a – коефіцієнт довгохвильового випромінювання, який можна визначити за емпіричною формулою [Пенмана, 1948]:

$$\varepsilon_a = 0,398 \cdot 10^{-5} \cdot T_a^{2,148}. \quad (1.11)$$

Потік тепла в ґрунті візьмемо пропорційним радіаційному балансу ПГ (У.Х. Братсерт [1985]):

$$B_S = c_{BS} R_S, \quad (1.12)$$

де c_{BS} – емпірична постійна.

Сумарна короткохвильова радіація визначалася за методом С.І. Сівкова [1968], який модифікувала Н.Ф. Харчевська [1990].

$$Q_0 = A_1 \left(\frac{1}{\tau} + S \right)^{A_2} \exp\left(-A_3 \frac{S}{\tau} \right) + A_4 \exp\left[-A_5 \left(1 - \frac{S}{\tau} \right) (\sinh S)^{A_6} \right], \quad (1.13)$$

де $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ – константи;

τ – тривалість світлого часу доби (від сходу до заходу Сонця).

Водний режим рослинного покриву

Випаровуваність рослинного покриву E_T визначимо за способом Пенмана, модифікованим Прістлі і Тейлором [1972]:

$$E_T = \alpha_e \frac{\Delta \left[\frac{(R_L + R_S - B_S)}{\lambda} \right]}{\Delta + \gamma}, \quad (1.14)$$

де α_e – коефіцієнт пропорційності;

Δ – нахил кривої залежності насичуючого тиску водяної пари від температури повітря;

γ – психрометрична стала;

λ – прихована теплота пароутворення.

Розрахунок *величини оптимального водоспоживання* рослин виконаємо за формулою С.І. Харченко:

$$E_{opt} = 16,7(0,72Q_o - 0,5n'), \quad (1.15)$$

де E_{opt} – оптимальне водоспоживання рослин за декаду;

n – кількість днів в розрахунковій декаді.

Значення *сумарного випаровування* посівів знайдемо за формулою С.І. Харченко [1975]:

$$E^j = \frac{2W^j + \Theta^j}{1 + 2W_{FC} / \eta E_{opt}^j}, \quad (1.16)$$

де E – сумарне випаровування;

W – запаси вологи в метровому шарі ґрунту;

Θ – кількість опадів за декаду;

η – параметр.

Зміна запасів води в метровому шарі ґрунту визначимо за спрощеним рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + \Theta^j - E^j. \quad (1.17)$$

1.1.2. Розрахунок узагальнених показників радіаційного і водного режимів

посівів.

Для розрахунку *фотосинтетично активної радіації* (ФАР) використовуємо вираз:

$$Q_{PAR} = \alpha_{PAR} Q_o, \quad (1.18)$$

де Q_{PAR} – інтенсивність ФАР;

α_{PAR} – коефіцієнт переходу.

Для розрахунку *дефіциту води* в ґрунті використаємо рівняння Г.Ф. Попова [1984]:

$$D_W^j = \Theta^j - E_{opt}^j + W^{j-1}, \quad (1.19)$$

де D_W – дефіцит води в ґрунті (величина, яка характеризує різницю початкової кількості води та її поповнення опадами і величини оптимальної потреби рослин).

Індекс забезпеченості рослин водою є комбінація сумарного наростаючим підсумком дефіциту води в ґрунті і вологопотреби рослин за період вегетації. Він знаходиться за виразом:

$$I_W = 100 \left(1 + \sum_j D_W^j / SW_{req} \right), \quad (1.20)$$

де I_W – індекс забезпеченості рослин водою;

SW_{req} – сумарна вологопотреба рослин за вегетаційний період.

Величина індексу виражається в процентах і її відмінність від 100%

показує наскільки рослина забезпечена вологою. Якщо протягом вегетаційного періоду за декадою, в яку спостерігалось зниження індексу, слідує декада з хорошими умовами вологозабезпеченості (дефіцит вологи в ґрунті дорівніє нулю), то величина індексу зберігається на колишньому рівні.

Гідротермічний коефіцієнт Селянинова визначаємо за формулою:

$$ГТК = \frac{\sum \Theta}{0,1 \sum t} \quad (1.21)$$

Для встановлення *початку посухи* скористаємося *показником посушливості Бова* [1956], який включає в собі основні чинники, що визначають умови росту сільськогосподарських культур:

$$K_B^j = \frac{10(W^0 + \sum \Theta)}{\sum t}, \quad (1.22)$$

де K_B – показник посушливості Бова;

W^0 – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на початок вегетації;

$\sum \Theta$ – кількість опадів, що випали з початку вегетації і до моменту настання посухи;

$\sum t$ – сума температур за період вище 0°C .

Час, коли значення показника посушливості стає рівним 1,5 або менше, береться за початок посухи.

Для *розрахунку площі листової поверхні* використовуємо рівняння, запропоновані Л.А. Паєвською:

$$LAI^j = \left[0,044 + 0,026(x_1^j) + 0,878(x_1^j)^2 + 3,146(x_1^j)^3 - 3,101(x_1^j)^4 \right] LAI_{\max} \quad (1.23)$$

при $\sum t < \sum t_{\max 1}$;

$$LAI^j = LAI_{\max} \quad \text{при} \quad \sum t_{\max 1} < \sum t < \sum t_{\max 2}; \quad (1.24)$$

$$LAI^j = \left[1,007 - 0,356(x_2^j) + 0,743(x_2^j)^2 - 1,387(x_2^j)^3 \right] LAI_{\max} \quad (1.25)$$

при $\sum t > \sum t_{\max 2}$

$$x_1 = \frac{\sum t}{\sum t_{\max 1}}; \quad x_2 = \frac{\sum t - \sum t_{\max 2}}{\sum t_{\text{req}} - \sum t_{\max 2}},$$

де $\sum t$ – сума ефективних температур наростаючим підсумком від початку вегетації культури;

$\sum t_{\max 1}$ – сума ефективних температур, що характеризує настання фази розвитку рослин, при якій формується максимальна площа листя посіву;

$\sum t_{\max 2}$ – сума ефективних температур, що характеризує фазу розвитку рослин, при якій починається природне старіння асиміляційного апарату;

$\sum t_{\text{req}}$ – сума ефективних температур за період вегетації культури;

LAI_{\max} – максимальна площа листя культури, $\text{м}^2/\text{м}^2$.

1.2 Загальна підготовка початкової інформації для виконання розрахунків

Для виконання розрахунків необхідно підготувати середню по області (або ж по окремії станції) агрометеорологічну інформацію, яка має чотири групи:

- 1) опис області (станції);
- 2) середня багаторічна агрометеорологічна інформація;
- 3) поточна агрометеорологічна інформація конкретного року;
- 4) параметри моделі.

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

1.1.1 φ – географічна широта центра області (станції), дається в градусах з десятими;

1.1.2. $W_{\text{нв}}$ – найменша вологоємність метрового шару ґрунту, мм.

1.2. Середня багаторічна агрометеорологічна інформація. До складу цієї

групи входить:

1.2.1. $W(0)$ – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на початок розрахунків;

1.2.2. Фенологічні дані – дати настання фаз розвитку: відновлення вегетації (сходи), вихід в трубку, колосіння, цвітіння, молочна стиглість, воскова стиглість. На основі цієї інформації визначається:

1.2.3. n – кількість розрахункових декад від відновлення вегетації (сходів) до воскової стиглості;

n_n – кількість днів в кожній розрахунковій декаді;

n_0 – кількість днів від першого січня до відновлення вегетації (сходів);

N_1 – дата відновлення вегетації (сходів) – дата місяця, коли настала фаза;

N_2 – порядковий номер місяця, коли настала фаза відновлення вегетації (сходів): 1 – січень, 2 – лютий і т.д.;

1.2.4. – щодакданні за весь період метеорологічні дані:

t_s – середня за декаду температура повітря, °C;

t_{ps} – середня за декаду температура поверхні ґрунту;

ss – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

os – сума опадів за декаду, мм;

d_{ww} – середній за декаду дефіцит насичення повітря, мб;

d_v – кількість днів у розрахунковій декаді;

pat – середній за декаду атмосферний тиск, гПа;

1.3. Поточна агрометеорологічна інформація конкретного року

До складу цієї групи входить поточна агрометеорологічна інформація, яка щодакдно поповняється за вегетаційний період конкретного року.

Інформація цієї групи повністю повторює всі дані перераховані в розділі 1.2. Вони нумеруються як пункти 1.3.1 – 1.3.4.

1.4. Параметри моделі. До складу цієї групи входять такі характеристики:

1.4.1. W_{HB} – найменша вологоємність метрового шару ґрунту, мм;

1.4.2. T_0 – біологічний нуль культури, для якої ведеться розрахунок;

1.4.3. $\sum t_{ef}$ – сума ефективних температур за період вегетації;

1.4.4. $\sum t_{\max 1}$ – сума ефективних температур за період від відновлення вегетації (сходів) до колосіння (викидання волоті);

1.4.5. $\sum t_{\max 2}$ – сума ефективних температур за період від відновлення вегетації (сходів) до молочної стиглості;

1.4.6. LAI_{\max} – максимальна площа листової поверхні, m^2/m^2 ;

1.4.7. $W(0)$ – запаси продуктивної вологи на початок вегетації (початок розрахунків), мм;

1.4.8. SW_{req} – сумарна потреба культури у волозі за вегетаційний період, мм.

1.3 Підготовка і введення вхідної інформації для виконання розрахунків на ПЕОМ

Для виконання розрахунків по кожній області на ПЕОМ створюються дві директорії:

1. Середньобагаторічні дані.
2. Поточні дані року складання прогнозу.

1.1. Підготовка файлу середньобагаторічних даних.

Спочатку файл даних, що вводяться, створюється в директорії «Середньобагаторічні дані». Файлу даних, що вводяться надається ім'я «radwl. dat». Зупинимось більш детально на підготовці робочого масиву «radwl. dat». Він готується так (додаток 1):

Перший рядок складається з чотирьох чисел:

- 1) назва пункту, пишеться буквами, починаючи з другої позиції;
- 2) рік складання розрахунку (прогнозу), 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 цифрами через одну позицію після дати.

Другий рядок складається з п'яти чисел:

- 1) n – кількість розрахункових декад, число ціле, записується в трьох позиціях;
- 2) t_{0b} – кількість днів від 1 січня (початок відліку) до дня сходів (відновлення вегетації), число ціле, записується в трьох позиціях;

3) N1 – дата сходів (відновлення вегетації) ціле число, в трьох позиціях;
 4) N2 – місяць сходів (відновлення вегетації) пишеться арабськими цифрами (1 – січень, 2 – лютий, 3 – березень і т.д.), ціле число, в трьох позиціях.

5) φ – географічна широта пункту (області), хвилини виражені в частках градуса. Десятеричне число в шести позиціях з двома знаками після коми.

Третій рядок: t_s – масив середньодекадних температур повітря, число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Четвертий рядок: t_{ps} – масив середньодекадної температури поверхні ґрунту, число ціле, в п'яти позиціях з одним знаком після коми;

П'ятий рядок: ss – масив інформації про кількість годин сонячного сяйва в розрахункових декадах (в середньому за один день декади), число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Шостий рядок: os – сума опадів за декаду, число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Сьомий рядок: dww – масив середніх за декаду значень дефіциту насичення повітря (мб), число ціле в п'яти позиціях з одним знаком після коми.

Восьмий рядок: dv – масив кількості днів в розрахункових декадах. число ціле, в трьох позиціях.

Дев'ятий рядок: pat – атмосферний тиск (гПА), число ціле у восьми позиціях з трьома знаками після коми.

Десятий рядок – інформаційний масив (масив "inf"). Містить вісім чисел, кожне число кодується у восьми позиціях з трьома знаками після коми:

- 1) $inf(1) - W_{HB}$ – найменша вологоємність метрового шару ґрунту;
- 2) $inf(2) - T_o$ – біологічний нуль культури, °С;
- 3) $inf(3) - \sum t_{ef}$ – сума ефективних температур за період вегетації культури, °С;
- 4) $inf(4) - \sum t_{max1}$ – сума ефективних температур за період від відновлення вегетації (сходів) до колосіння (викидання волоті);
- 5) $inf(5) - \sum t_{max2}$ – сума ефективних температур за період від

відновлення вегетації (сходів) до молочної стиглості;

6) $\text{inf}(6) - \text{LAI}_{\text{max}}$ – максимальна площа листя, m^2/m^2 ;

7) $\text{inf}(7) - W(0)$ – запаси вологи в метровому шарі ґрунту на початок розрахунків, мм;

8) $\text{inf}(8) - S_{w_{\text{req}}}$ – сумарна потреба рослин у волозі за вегетаційний період, мм.

1.2. Підготовка файлу поточних агрометеорологічних даних поточного року, що вводяться.

З директорії «Середньобагаторічні дані» файл «radwl. dat» копіюється в директорію «Поточні дані». По мірі проходження вегетації культури в цей файл щодакдно вноситься поточна агрометеорологічна інформація.

2.1 Вихідна інформація – результати розрахунків

Інформація, що виводиться, міститься у файлі «radwl. res». Результати розрахунків видаються у вигляді таблиць (Додаток Б) в такому порядку.

Спочатку видається вхідна інформація для розрахунків (згідно з вимогами 1.2).

Після цього видається уточнена величина $\text{inf}(8)$, яка при розрахунках в наступній декаді повинна вводиться в інформаційний масив. Таке уточнення проводиться щодакдно.

Потім послідовно за кожну декаду розрахункового періоду виводиться три розрахункові таблиці (Додаток 2):

Таблиця R.1 містить інформацію про:

- тривалість світлого часу доби (t_{audn} , год.);
- сумарну за добу сонячну радіацію (q , $(\text{кал}/\text{см}^2) \cdot \text{доба}$);
- інтенсивність ФАР (IntFAR , $\text{кал}/\text{см}^2 \text{ хв.}$);
- радіаційний баланс рослинного покриву ($\text{RL}_{\text{гр}}$, $(\text{кал}/\text{см}^2) \cdot \text{доба}$);
- сумі ефективних температур (t_{s2} , °C).

Таблиця R.2 містить інформацію про:

- кількість опадів (os, мм), що випали за декаду;
- сумарне випаровування (за Харченко) за декаду (eakxг, мм);
- величину оптимального водоспоживання (за Харченко) за декаду (exг, мм);
- випаровуваність (за Алпатьєвим) за декаду (Epot, мм);
- випаровуваності (за Пенманом) за декаду (Epe, мм);
- розраховані запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (W0).

Таблиця R.3 містить підсумкові оцінки умов вирощування рослин:

- потреба рослин у волозі за декаду (ptwl, мм);
- дефіцит вологи в ґрунті для нормального розвитку рослин за декаду (defwl, мм);
- значення індексу забезпеченості рослин вологою (Iwstr, %);
- значення показника посушливості Бова (Bova, відн. од.);
- значення ГТК (ГТК, відн. од.);
- величину сумарної потреби рослин у волозі від початку вегетаційного періоду наростаючим підсумком (sumpot, мм);
- величину сумарного випаровування від початку вегетаційного періоду наростаючим підсумком (seakxг, мм).

Викладені в методичних вказівках методи розрахунку та програма для ПЕОМ дозволяють вести оцінку умов і розвитку сільськогосподарських культур за такими показниками режиму сонячної радіації і режиму зволоження. Реалізація запропонованих методів заснована на використанні стандартної агрометеорологічної інформації, що поступає в оперативному режимі із спостережливої мережі. Методи можуть бути реалізовані як за даними окремої станції, так і за осередненими по території характеристиками.

У запропонованому варіанті методи включені в "Автоматизоване робоче місце агрометеоролога "АРМ-агрометеоролога".

II. Практична частина

2.1 Підготовка загальної агрометеорологічної інформації:

- Підготувати агрометеорологічну інформацію згідно з пунктом 1.3 (назва культури, область та станція надається викладачем);

- Дати коротку фізико-географічну та агрокліматичну характеристику району вирощування даної культури; характеристику біологічних особливостей культури та її вимог до умов навколишнього середовища;

- Підготувати файл вхідної інформації (додаток А).

2.2 Провести розрахунки за допомогою ПЕОМ та отримати вихідну інформацію (додаток Б).

2.3 Побудувати такі графіки:

- динаміки інтенсивності ФАР;

- динаміки радіаційного балансу рослинного покриву;

- динаміки сумарної за добу сонячної радіації;

- динаміки сумарного випаровування та оптимального волого споживання за Харченко;

- динаміки випаровуваності за Алпат'євим та Пенманом.

2.4 Провести порівняльну характеристику отриманих результатів. Зробити висновки та скласти текст, в якому описати результати розрахунків.

2.5 Студенти після виконання роботи повинні оформити її належним чином та відповісти на контрольні запитання. Після цього завдання вважається виконаним.

Контрольні питання

1. Як розраховується радіаційний баланс рослинного покриву?
2. Як розраховується величина поглиненої короткохвильової радіації РП?
3. Як визначається альbedo РП?
4. Як визначається альbedo поверхні ґрунту?
5. Як розраховується функція пропускання сумарної радіації в РП?
6. Як знаходиться величина балансу довгохвильової радіації РП?
7. Як знаходиться потік тепла в ґрунті під РП?
8. Як визначається сумарна короткохвильова радіація?
9. Як визначається величина оптимального водоспоживання рослин?
10. Як розраховується сумарне випаровування посівів?
11. Як визначається величина запасів вологи в метровому шарі ґрунту?
12. Як розраховується фотосинтетично активна радіації (ФАР)?
13. Як знаходиться величина дефіциту вологи в ґрунті?
14. Як знаходиться гідротермічний коефіцієнт Селянинова?
15. В чому сутність показника посушливості Бова та як він розраховується?
16. Як визначається динаміка площі листової поверхні?
17. Яка інформація використовується для виконання розрахунків?
18. Яка поточна агрометеорологічна інформація конкретного року використовується при розрахунках?
19. Яка отримується вихідна інформація?

Перелік основної літератури

1. Братсерт У. Х. Испарение в атмосфере. –Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 351с.
2. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 318 с.
3. Росс Ю. К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 342 с.
4. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 232 с.
5. Сиротенко О. Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэ косистем. – Л., Гидрометеоиздат, 1981. – 167 с.
6. Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 373 с.

Перелік додаткової літератури

1. Бова Н.В. Агроклиматическое районирование Юго-Востока //Сельское хозяйство Поволжья. – 1956. – № 9. – С. 14–20.
2. Моисейчик В.А. Агrometeorологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 295 с.
3. Нагиев А. Т. Подмодель радиационного режима хлопчатника // Научно-техн. бюллетень по агрономической физике. – 1981. – Вып. 46. – С. 49–54.
4. Паевская Л.А. Оценка чувствительности модели "ECOSYS–87" к изменению параметров для зоны орошения Юга Украины //В сб.: Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса: 1999. – Вып. 39.
5. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 152 с.

6. Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
7. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 269 с.
8. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – Том 1, 2. – 309, 264 с.
9. Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 262 с.
10. Тооминг Х. Г., Росс Ю.К. Радиационный режим посева кукурузы по ярусам и описывающие его приближенные формулы // Исследования по физике атмосферы. – 1964. – № 6. – С. 63–80.
11. Уланова Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 302 с.
12. Харчевская Н.Ф. Способы расчета суммарной радиации //Тр. ВНИИСХМ. – 1990. – Вып. 26. – С. 110–115.
13. Чирков Ю. И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 251 с.
14. Penman H. L. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass //Proc. Roy. Soc. – London, Ser. A 193. – 1948. – P. 120-146.
15. Popov G. F. Crop Monitoring and Forecasting //Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-Arid Tropics. – India: ICRISAT. – 1984. – P. 307–316.
16. Priestley C. H., Taylor R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters // Monthly Weath. – 1972. – P. 81–92.

Додаток А**Вхідна інформація**

1

KRIMSKAj sr 20.3

11 75 07 3 45.55

02.7 04.6 07.0 09.3 11.4 13.4 15.2 16.8 18.4 19.7 20.8

4.8 05.3 07.0 7.0 07.0 09.1 09.1 10.1 10.3 10.3 10.3

16.0 15.0 12.0 12.0 12.0 12.0 13.0 00.0 00.0 18.0 08.0

2.0 02.0 03.0 04.0 05.0 06.0 07.0 08.0 09.0 10.0 10.0

04 11 10 10 10 10 10 11 10 10 05

148.000 5.000 803.000 385.000 385.000 004.500 140.000 532.000 4.000

Додаток Б

Результати розрахунків

METOD RASCHETA POKAZATELEY
SOLNECHNOY RADIAZII I
WLAGOOBESPECHENNOSTI
(ZERNOVIE KOLOSOVIE)

WXODNAJ INFORMAZIJ

KRIMSKAJ sr 20

11 75 7 3 45.55

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

2.7 4.6 7.0 9.3 11.4 13.4 15.2 16.8 18.4 19.7 20.8

Sredn. za dekadu chislo chasov solnechn.sijnij:

4.8 5.3 7.0 7.0 7.0 9.1 9.1 10.1 10.3 10.3 10.3

Summa osadkov za dekadu (mm):

16.0 15.0 12.0 12.0 12.0 12.0 13.0 0.0 0.0 18.0 8.0

Sredn. za dekadu defizit vlagnosti vozduxa (mb):

2.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 10.0

Chislo dnevy v raschetnoy dekadě :

4 11 10 10 10 10 10 11 10 10 5

MASSIV "INF" - parametri modeli :

148.000 5.000 803.000 385.000 385.000 4.500 140.000 532.000 4.000

RESULTAT RASCHETOV

raschitannaj velichina inf(8)= 532.7

Продовження додатку Б

T A B L I Z A R.1
SOLNECHAJ RADIAZIJ I TEMPERATURA

idek	icyt	taudn	q	IntFAR	SumFAR	RLrp	ts2	i
i 8	79	11.74	415.56	0.307	0.864	261.70	0.0	i
i 9	90	12.15	425.72	0.304	3.300	271.71	0.0	i
i 10	100	12.72	479.46	0.327	5.793	307.13	20.0	i
i 11	110	13.26	469.06	0.307	8.232	285.77	63.0	i
i 12	120	13.77	459.82	0.289	10.623	226.39	127.0	i
i 13	130	14.24	533.59	0.325	13.398	168.47	211.0	i
i 14	140	14.67	527.17	0.311	16.139	112.07	313.0	i
i 15	151	15.04	560.71	0.323	19.346	126.82	442.8	i
i 16	161	15.31	564.82	0.320	22.283	145.22	576.8	i
i 17	171	15.45	562.96	0.316	25.211	216.33	723.8	i
i 18	176	15.49	562.53	0.315	26.673	360.95	802.8	i

taudn-prodolgitelnost swetlogo vremeni sutok(chas)
q-summarnaj za sutki soln.radiacij(kal/sm*2 sutki)
IntFAR-intensivnost FAR (kal/sm*2 min)
SumFAR-summa FAR narost. itogom(kkal/sm*2 period)
RLrp-radiacionnij balans rast.pokrova(kal/sm*2 sutki)
ts2-summa effektivnix temperatur vische 5 grad.

T A B L I Z A R.2
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 - I

ipericyti	os	eakxr	exr	Epot	Epe	ES	TRLAI	W0	i	
i 8	79	16.0	14.1	16.5	3.9	8.6	7.4	1.1	141.9	i
i 9	90	15.0	37.1	46.8	10.7	25.9	22.5	3.3	119.8	i
i 10	100	12.0	32.0	49.2	14.6	28.7	24.8	4.0	99.8	i
i 11	110	12.0	26.8	47.9	19.5	30.6	24.0	6.6	85.0	i
i 12	120	12.0	25.0	46.8	24.4	33.6	19.0	14.5	72.0	i
i 13	130	12.0	28.1	55.9	29.3	42.4	13.9	28.5	55.9	i
i 14	140	13.0	23.3	55.1	34.1	43.3	9.1	34.1	45.6	i
i 15	151	0.0	18.3	65.2	42.9	54.0	11.8	42.2	27.4	i
i 16	161	0.0	12.0	59.8	43.9	52.1	12.7	39.4	15.4	i
i 17	171	18.0	11.9	59.6	48.8	53.8	20.2	33.6	21.5	i
i 18	176	8.0	5.9	29.7	24.4	23.4	19.1	4.4	23.6	i

Продовження додатку Б

os-summa osadkov za dekadu(mm)
 eakxr-summarnoe isparenje(po Xarchenko) za dekadu(mm)
 exr - optimalnoe wodopotreblenie (po Xarchenko)
 za dekadu(mm)
 Epot-isparjemost (po Alpatjevu) za dekadu(mm)
 Epe-isparjemost(po Penmanu) za dekadu(mm)
 TRLAI-potenzialnaj transpirazij(po Penmanu) za dek(mm)
 ES-potenz.isparenje s poverx.pochvi(po Penm)za dek(mm)
 w0-raschitannie zapasi vlagi v sloe 0-100sm (mm)

T A B L I Z A R.3
 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 - II

 ipericyti ptwl i defwl i Iwstr i Bova i GTK i sumpot i seakxr i

i 8i 79i	16.5i	0.0i	100.0i	144.4i	0.0i	16.5	i	14.1i
i 9i 90i	46.8i	0.0i	100.0i	25.2i	0.0i	63.4	i	51.2i
i 10i 100i	49.2i	0.0i	100.0i	11.6i	0.0i	112.6	i	83.2i
i 11i 110i	47.9i	0.0i	100.0i	6.8i	0.0i	160.6	i	110.0i
i 12i 120i	46.8i	0.0i	100.0i	4.5i	8.6i	207.4	i	135.0i
i 13i 130i	55.9i	0.0i	100.0i	3.2i	3.5i	263.3	i	163.1i
i 14i 140i	55.1i	0.0i	100.0i	2.5i	2.5i	318.4	i	186.4i
i 15i 151i	65.2i	-19.6i	96.3i	1.7i	0.0i	383.6	i	204.6i
i 16i 161i	59.8i	-32.4i	90.2i	1.4i	0.0i	443.4	i	216.6i
i 17i 171i	59.6i	-26.1i	85.3i	1.3i	1.9i	502.9	i	228.5i
i 18i 176i	29.7i	-0.2i	85.3i	1.1i	1.5i	532.7	i	234.4i

ptwl-potrebnost rasteniy vo wlage za dekadu (mm)
 defwl-defizit wlagi dlj rasteniy za dekadu (mm)
 (zapasi wlagi+osadki-isparjemost)
 Iwstr-indeks obespechennosti rasteniy wlagoy (%)
 (defizit wlagi k summarnoy potrebnosti)
 Bova-pokazatel zasuschlivosti Bova (otn.ed.)
 velichina pokazatelj menee 1.5 - priznak nachala zasuxi
 GTK- GTK za dekadu (otn.ed.)
 sumpot-summarnaj potrebnost rasteniy vo wlage za
 vegetazionnij period narostajuscim itogom (mm)
 seakxr-summarnoe isparenje za vegetazionnij period
 narostajuschim itogom (mm)