

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з дисципліни „Агрокліматологія” та „Мікрокліматологія”
для студентів 4-го та 5-го курсів
„РОЗРАХУНОК АГРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РАДІАЦІЙНИХ
РЕСУРСІВ ДЛЯ РІВНОГО МІСЦЯ ТА СХИЛІВ”

Напрямок підготовки – Гідрометеорологія
Спеціальність – Агromетеорологія

Одеса
2010

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з дисципліни „Агрокліматологія” та „Мікrokліматологія”
для студентів 4-го та 5-го курсів

для виконання практичних робіт
„РОЗРАХУНОК АГРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РАДІАЦІЙНИХ
РЕСУРСІВ ДЛЯ РІВНОГО МІСЦЯ ТА СХИЛІВ”

Напрямок підготовки – Гідрометеорологія
Спеціальність – Агрометеорологія

Затверджено
на засіданні методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
Протокол № ____ від ____ 2010р.

Одеса
2010

Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисциплін „Агрокліматологія” та „Мікрокліматологія” для студентів 4-го та 5-го курсів денної форми навчання за спеціальністю „Агрометеорологія” // Укладачі: к.г.н., доц. Кирнасівська Н.В. Одеса, ОДЕКУ, 2009 р., с. 33.

ПЕРЕДМОВА

Радіаційні ресурси відносяться до одного з основних показників зовнішнього середовища, які необхідні для життя культурних рослин. Методи оцінки агрокліматичних показників радіаційних ресурсів для рівного місця вивчаються в одному з розділів дисципліни „Агрокліматологія”, а мікрокліматична оцінка показників радіаційних ресурсів для схилів в одному з розділів дисципліни „Мікрокліматологія”.

Мета практичних робіт – закріпити теоретичні знання про основні показники радіаційно-світових ресурсів та придбати практичні навички їх розрахунку для горизонтальної поверхні та схилів різної експозиції та крутизни.

Перша частина практичної роботи (п. 1 – 3 розділу 3) виконується студентами у 8-му семестрі, опираючись на теоретичні відомості розділу 1. На її виконання відведено - 6 годин. Друга частина практичної роботи базується на теоретичних відомостях розділу 2 та виконується за п.4 – 8 розділу 3 у 9-му семестрі в обсязі 5 годин.

Після виконання практичних завдань студенти повинні **знати:**

- основні агрокліматичні показники радіаційних ресурсів;
- методи розрахунку характеристик сонячної радіації та ФАР для рівного місця;
- методику розрахунку місячних сум сумарної радіації та ФАР для схилів різної крутизни;
- методику розрахунку сум сумарної радіації та ФАР за теплий період для рівного місця та схилів.

Вміти: - розраховувати дати переходу температури повітря на весні та восени через 5, 10, 15 °С;

- розраховувати суми сумарної радіації та ФАР за теплий період з температурою повітря вище 5, 10, 15 °С для горизонтальної поверхні та рівного місця;
- розраховувати місячні суми сумарної радіації та ФАР для північних та південних схилів крутизною 5, 10, 15, 20°;
- будувати графіки відхилень місячних сум сумарної радіації та ФАР на схилах відносно рівного місця;
- складати агрокліматичну характеристику радіаційних ресурсів в районі даної станції.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Сонячна енергія є джерелом енергії для живих організмів на землі. Сонячна радіація забезпечує рослин енергією, яку вона використовує в процесі фотосинтезу для створення органічної речовини, впливає на процеси росту і розвитку, на розташування і побудову листя, на хімічний склад і якість продукції, тривалість вегетації сільськогосподарських культур.

В енергетичному механізмі формування термічного режиму діяльної поверхні і шарів повітря які прилягають, основна роль належить радіаційному балансу (R). Він дорівнює різниці сумової радіації, яка поглинається (Q) і ефективному випромінюванню (E_e):

$$R = (S + D - R_k) - (E_s - \delta E_a) = Q(1 - A) - E_e, \quad (1.1)$$

де S – пряма сонячна радіація; D – розсіяна радіація; R_k – відбита короткохвильова радіація; A – альbedo підстильної поверхні; $Q(1 - A)$ – поглинена радіація; E_s – власне випромінювання підстильної поверхні; δ – відносний коефіцієнт поглинання довгохвильової радіації підстильною поверхнею; E_ϕ – зустрічне випромінювання атмосфери.

Закономірність радіаційного балансу визначається різними факторами, які впливають на його основні складові. Будико М.І. вперше встановив тісну залежність між радіаційним балансом за рік і сумою середньодобових температур повітря вище 10°C і надав, таким чином, фізичне обґрунтування до використання ΣT_c для оцінки теплозабезпеченості рослин. Пізніше Н.І. Гойса, З.А. Міщенко [1] і інші встановили тісну залежність між сумами сумарної сонячної радіації і сумами середньодобових денних температур повітря за теплий період з T_c і T_d вище 10°C . Цими дослідженнями підтверджується основна роль

сонячної радіації у формуванні радіаційно-теплових ресурсів на тій чи іншій території.

На ріст, розвиток і формування врожаю культурних рослин впливає тривалість сонячного освітлення, його інтенсивність та спектральний склад. Для фізіологічних процесів, в тому числі фотосинтезу, найбільше значення має короткохвильова радіація (КХР). Променисту енергію, яка поглинається пігментами листя і грає важливу роль в житті рослин, називають фізіологічною радіацією; частина спектру сонячного світла, який бере участь в фотосинтезі, називають фотосинтетично активною радіацією (ФАР). Величину ФАР звичайно обмежують довжинами хвиль 0,38 – 0,71 мкм.

Величина поглинання ФАР рослинами, а отже рівень врожаю, залежать від багатьох факторів, серед яких велике значення має структура посівів. У незадовільних за структурними особливостями посівів рослини поглинають близько 20 – 25% падаючої на них ФАР, а використовують на фотосинтез лише 1 – 2% цієї величини. Решта поглиненої ФАР, витрачається на нагрівання рослин і пов'язану з цим посилену транспірацію. Посіви, які за структурою близькі до оптимальних, за вегетацію можуть поглинати до 50 – 60% падаючої на них ФАР, але і вони звичайно накопичують у вигляді органічної речовини всього 2 – 3% величини ФАР, яка поглинена.

Окрім реакції рослин на інтенсивність і спектральний склад радіації, рослини реагують також на тривалість освітлення. Реакція рослин на тривалість освітлення одержала назву фотоперіодизму. Це явище було вперше виявлено американськими вченими Гарнером і Аллардом в 1920 році. Слід пам'ятати, що потреба рослин в означеній тривалості освітлення проявляється тільки в стадії розвитку, яка названа Т.Д. Лисенком світловою.

За реакцією на тривалість освітлення рослини діляться на три групи:

- 1) рослини довгого дня, розвиток яких прискорюється на півночі (пшениця, жито, ячмінь, овес, льон і ін.);
- 2) рослини короткого дня, розвиток яких прискорюється при вирощуванні на півдні (просо, соя, конопля, сорго);
- 3) рослини нейтральні, у яких зміна тривалості дня (тривалість освітлення в годинах) не зумовлює помітних змін в розвитку (кукурудза, гречка, боби, квасоля).

Явище фотоперіодизму необхідно враховувати в агрокліматичних дослідженнях. Визначити співвідношення тривалості дня і ночі не важко, оскільки воно залежить від широти місця і пори року. На цей час для більшості сільськогосподарських культур відома поправка на "фотоперіодизм", яка дає змогу врахувати зміну потреби рослин в теплі в залежності від тривалості освітлення [4].

Для сільськогосподарської оцінки клімату і агрокліматичного районування території різного масштабу використовуються такі показники радіаційно-світлових ресурсів:

- тривалість сонячного сьйва за період з температурою повітря вище 10°C (ΣS_c , години);
- суми прямої сонячної радіації, розраховані за місяць, період активної вегетації культури (ΣS);
- суми радіаційного балансу, розраховані за місяць, період активної вегетації культур (ΣR);
- суми сумарної радіації, розраховані за місяць, період активної вегетації культур (ΣQ);
- суми фотосинтетично-активної радіації, розраховані за місяць, період активної вегетації культур ($\Sigma Q_{\text{фар}}$).

Характеристики сонячної радіації вимірюються в таких одиницях: кВт/(м²·хв), МДж/(м² год), МДж/(м²·міс), МДж/(м² рік). Перспектива широкого використання S, Q, R, Q_ф в агрокліматичних розрахунках і при картографуванні агрокліматичних ресурсів на обмежених територіях (адміністративна область, район, окреме господарство) полягає в тому, що ці кліматичні характеристики відрізняються чутливістю до мікроклімату. З їх допомогою можна дати біокліматичне обґрунтування різного поводження сільськогосподарських культур на схилах і оптимізувати їх розміщення на сортовому рівні в конкретній місцевості.

1 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ І ОЦІНКА СУМОВОЇ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ І ФАР ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ

Для фізіологічних процесів і продуктивності культурних рослин найбільше значення має короткохвильова радіація (КХР). Промениста енергія Сонця, або як її називають, сонячна радіація, на шляху від зовнішньої межі атмосфери до земної поверхні зазнає значних змін, які трапляються внаслідок її поглинання і розсіювання. Значна її частина, так названа пряма сонячна радіація, досягає земної поверхні у вигляді паралельного пучка променів, які надходять від Сонця (S). Разом з тим деяка частка радіації, розсіяної в атмосфері, надходить до земної поверхні, як розсіяна радіація від усіх точок небозводу (D).

Розглянемо існуючі методи розрахунку сумової сонячної радіації і ФАР. Пряма сонячна і розсіяна радіація, які надходять на горизонтальну поверхню (або відкрите рівне місце), в сумі дають сумову короткохвильову радіацію, розраховану за день, місяць, теплий період:

$$\Sigma Q = \Sigma S + \Sigma D, \quad (1.2)$$

де ΣQ – сума сумової радіації; ΣS – сума прямої сонячної радіації; ΣD – сума розсіяної радіації.

Ці види КХР вимірюються актинометричними приборами на мережі актинометричних станцій. Проте актинометрична мережа станцій в багатьох країнах, в тому числі в Україні, дуже обмежена. Тому при вирішенні різних прикладних задач виникає необхідність одержання інформації про сумову сонячну радіацію з більш щільної мережі метеорологічних станцій. Для цього застосовують розрахункові формули [1, 3, 4].

Наприклад, формула Т.Г. Берлянда має вигляд

$$\Sigma Q = \Sigma Q_0 (1 - an - bn^2), \quad (1.3)$$

де ΣQ_0 – місячна сума сумової радіації при безхмарному небі; a , b – числові безрозмірні коефіцієнти ($b = 0,38$; значення a залежить від широти місця, для широт від 0 до 60° $a = 0,38 \pm 0,2$); n – середнє місячне значення загальної хмарності (частки одиниці).

За цією формулою можна розрахувати значення ΣQ , яка надходить на горизонтальну поверхню для будь-якого пункту на території СНД з похибкою не більше 10%.

Для розрахунків сум сумової радіації використовуються також дані про дійсну тривалість сонячного сяйва в конкретному пункті або районі. С.І Сивков [1, 3, 4] запропонував уточнену або універсальну формулу В.Н. Українцева вигляду:

$$\Sigma Q = 49 S_c^{1,31} \cdot 10^{-4} + 10,5 (\sinh_{\odot})^{2,1}, \quad (1.4)$$

де S_c – дійсна тривалість сонячного с'ява за місяць, період (година); h_\ominus – висота Сонця опівдні на середину місяця. Полуденна висота Сонця визначається за формулою

$$h_\ominus = 90^\circ - \varphi + \delta_\ominus, \quad (1.5)$$

де φ – широта місця; δ_\ominus – схилення Сонця.

Відхилення розрахованих декадних і місячних ΣQ за окремі роки від вимірних сум сумової радіації до широти 65° звичайно не перевищує 10%.

Згідно досліджень Б.І. Гуляєва, Х. Молдау, Х.Г. Тоомінга в актинокліматологічних розрахунках для умов рівного місця перехід від короткохвильової радіації до ФАР здійснюється за формулами вигляду:

$$\Sigma S_\phi = \bar{c}_s \cdot \Sigma S \quad (1.6)$$

$$\Sigma D_\phi = \bar{c}_d \cdot \Sigma D \quad (1.7)$$

$$\Sigma Q_\phi = \bar{c}_Q \cdot \Sigma Q \quad (1.8)$$

де ΣS_ϕ , ΣD_ϕ , ΣQ_ϕ – суми відповідно прямої, розсіяної і сумової ФАР, розраховані за день, декаду, місяць або вегетаційний період; \bar{c}_s , \bar{c}_d , \bar{c}_Q – середні коефіцієнти переходу від КХР до ФАР.

Розрахунковий і експериментальний методи показали порівняно добру стабільність і географічну універсальність перехідних коефіцієнтів. Можна прийняти $\bar{c}_s = 0,43$; $\bar{c}_d = 0,57$. Отже, денні суми ФАР можна розрахувати за формулою

$$\Sigma Q_\phi = 0,43\Sigma S + 0,57\Sigma D = 0,5\Sigma Q. \quad (1.9)$$

На території України інструментальні спостереження за сумовою радіацією ведуться тільки на 17 актинометричних станціях. При вирішенні агрокліматичних задач виникає необхідність одержання інформації про сумову і фотосинтетично активну сонячну радіацію з більш щільної мережі метеорологічних станцій.

Міщенко З.А. Ляховою С.В. [2] встановленні кількісні залежності між основними показниками радіаційно-світлових ресурсів окремо для весни, літа, осені і в цілому за теплий період з температурою повітря вище 10 °С. Ними розроблено непрямий метод розрахунку сум сумової і фотосинтетично активної радіації за різні періоди активної вегетації культурних рослин, створено спеціальний банк місячних даних з березня по листопад і за теплий період з температурою повітря вище 10 °С за ΣQ , $\Sigma Q_{\text{ф}}$, ΣS_c для 150 пунктів, які рівномірно освітлюють територію України.

Таблиця 1.1 Рівняння зв'язку між показниками радіаційно-світлових ресурсів і статистичні параметри до них

Період	Рівняння	r	\bar{S}_y
Весна	$\Sigma Q_{\text{в}}=2,114 \cdot \Sigma S_c - 44,92$	0,97	39,76
Літо	$\Sigma Q_{\text{л}}=1,678 \cdot \Sigma S_c - 134,92$	0,80	26,58
Осінь	$\Sigma Q_{\text{о}}=1,927 \cdot \Sigma S_c - 23,88$	0,98	40,39

Як видно із табл. 1.2, коефіцієнти кореляції (r) залишаються у всі сезони високими. Середні помилки рівнянь регресії малі і знаходяться в межах 24 – 40 МДж/м². Отже, можна зробити висновок про достатньо високу точність визначення сум сумової сонячної радіації за тривалістю сонячного сьйва з використанням відповідних рівнянь або графіків зв'язку між цими показниками.

Наочним прикладом до сказаного може служити рис. 1.1, де представлена прямолінійна залежність між середніми багаторічними значеннями ΣQ і ΣS_c за місяці теплої пори року (весна, літо, осінь). Значно змінюються показники радіаційно-світлових ресурсів в зональному розрізі на території України. А саме, при зміні тривалості

сонячного сьйва від 80 до 350 годин суми сумової радіації зростають від 125 до 760 МДж/м².

Одержано також ряд рівнянь множинної регресії, які характеризують залежність сум сумової радіації від тривалості сонячного сьйва і полуденної висоти Сонця, вираженої через $\sin h_{\odot}$ окремо для весни, літа, осені.

$$\text{Весна} \quad \Sigma Q = 1,697 \cdot \Sigma S_c + 280,14 \sin h - 92,26 \quad (1.10)$$

$$\text{Літо} \quad \Sigma Q = 1,299 \cdot \Sigma S_c + 723,11 \sin h - 390,13 \quad (1.11)$$

$$\text{Осінь} \quad \Sigma Q = 1,425 \cdot \Sigma S_c + 253,91 \sin h - 90,08 \quad (1.12)$$

Розраховані відповідні статистичні параметри до рівнянь множинної регресії. Одержані коефіцієнти кореляції між ΣQ і ΣS_c , $\sin h$ залишаються у всі пори вельми високими ($r = 0,90 - 0,98$), а середні квадратичні помилки коефіцієнтів кореляції і імовірні помилки малі. Середні помилки рівнянь регресії (\bar{S}_y) не перевищують 20 – 30 МДж/м². Таким чином, урахування полуденної висоти Сонця значно підвищило точність непрямого розрахунку місячних сум сумової радіації.

Для одержання більш повних даних по ΣQ і ΣQ_{ϕ} Міщенко З.А. і Ляхова С.В. [2, 1] запропонували відповідні формули для розрахунку радіаційно-світлових ресурсів. Для України формули мають вигляд:

$$\Sigma Q' = 0,89 \cdot \Sigma T_c + 450,2; \quad (1.13)$$

$$\Sigma Q'_{\phi} = 0,44 \cdot \Sigma T_c + 225,1; \quad (1.14)$$

$$\Sigma S'_c = 0,47 \cdot \Sigma T_c + 30,34. \quad (1.15)$$

Коефіцієнти кореляції між цими показниками складають 0,91 – 0,96. Середні квадратичні помилки коефіцієнтів кореляції не перевищують 0,03 – 0,05, а імовірні помилки малі і складають 0,02 – 0,03.

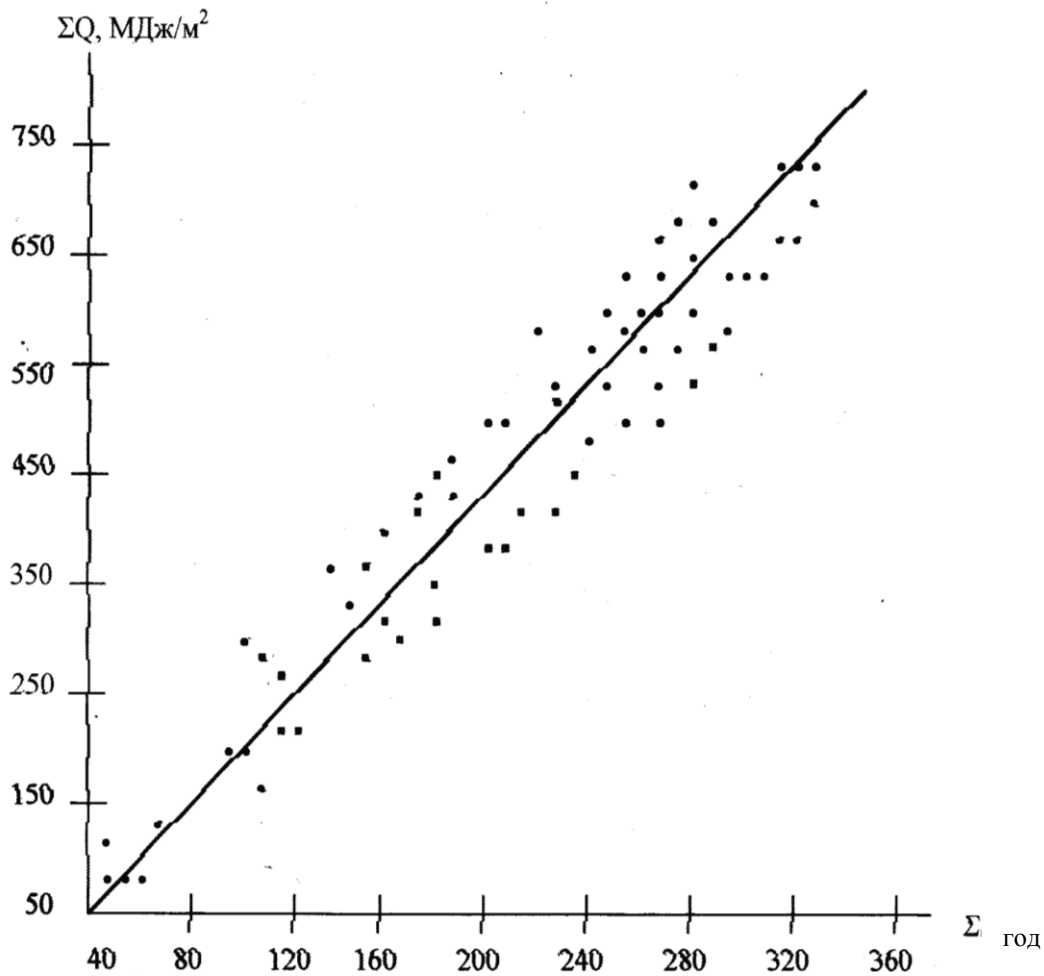


Рис.1.1. Залежність між сумою сумарної радіації і тривалістю сонячного сяйва за теплий період року (весна, літо, осінь)

2 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ДЛЯ СХИЛІВ

Із загальної площі сільськогосподарських угідь на території України землі, що знаходяться на схилах, займають близько 60 %, а в окремих районах перевищують 80%. Тому являє науковий і практичний інтерес розробка методу розрахунків основних характеристик сонячної радіації для схилів різної експозиції і крутості. В основу розрахунків покладено

методику К.Я. Кондратьєва [3, 4], яка надає змогу визначити складові радіаційного балансу на схилах в теплу пору року за складовими радіаційного балансу на горизонтальну поверхню. Суть її зводиться до наступного. З усіх складових радіаційного балансу на схилах більш за все змінюється пряма сонячна радіація, яка розраховується по формулі

$$S_c = S \cdot \cos i, \quad (2.1)$$

$$\cos i = \cos \alpha \cdot \sin h_{\odot} + \sin \alpha \cdot \cos h_{\odot} \cdot \cos \varphi, \quad (2.2)$$

де S_c – пряма сонячна радіація на схилі; S – пряма сонячна радіація для горизонтальної поверхні; i – кут падіння сонячного проміння; α – крутість схилу; h_{\odot} – висота Сонця; φ – різниця азимутів Сонця і поверхні (проекція нормалі до схилу).

Розсіяну радіацію для схилів з достатньою ступінню точності можна розрахувати за формулою

$$D_c = D \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2}, \quad (2.3)$$

де D_c – розсіяна радіація, яка надходить на схил; D – розсіяна радіація, яка надходить на горизонтальну поверхню.

Ефективне випромінювання для некрутих схилів визначається за формулою

$$F_c = F \cdot \cos \alpha, \quad (2.4)$$

де F_c – ефективне випромінювання для схилу; F – ефективне випромінювання для горизонтальної поверхні.

Таким чином радіаційний баланс для схилів визначається за формулою

$$R_c = (S_c + D_c) \cdot (1 - A) - F_c, \quad (2.5)$$

де A – альbedo підстильної поверхні, для схилів різних експозицій є таким же, як для рівного місця; сума $(S_c + D_c)$ представляє собою сумову сонячну радіацію, яка приходить на даний схил.

Денні суми сумової радіації для схилів розраховуються з достатнім ступенем точності за ізотропним наближенням для розсіяної і відображеної радіації за допомогою формули

$$\Sigma Q_c = \Sigma S_c + \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \Sigma D + \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot R_k, \quad (2.6)$$

де ΣS_c – сума прямої сонячної радіації, яка надходить на схил; ΣD , ΣR_k – відповідно, розсіяна і відбита радіація для горизонтальної поверхні.

Денну суму фотосинтетично активної радіації, яка надходить на різні схили ($\Sigma Q_{\phi c}$) можна розрахувати за наближеним рівнянням

$$\Sigma Q_{\phi c} = 0,5 \left(\Sigma S_c + \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \Sigma D + \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot R_k \right), \quad (2.7)$$

Розрахунки характеристик сонячної радіації, яка надходить на схили різної експозиції і крутості по теоретичним формулам (2.1 – 2.7) дуже трудомісткі. Але вони значно спрощуються, якщо використовувати відносні значення радіації, які виражають відношення добової суми радіації, яка надходить до схилу, до добової суми радіації, яка надходить на горизонтальну поверхню. Голубовою Т.А. [3, 4] були визначені перехідні коефіцієнти K_S , K_R для перерозрахунку середніх за місяць добових сум прямої радіації з горизонтальної поверхні на схили північної і південної експозиції крутістю 10^0 і 20^0 за тепле півріччя з квітня по вересень в діапазоні $38-66^0$ півн.ш. стосовно території колишнього СРСР.

За допомогою цих коефіцієнтів, а також за даними "Справочника по клімату СРСР" [33] за дійсними середніми добовими сумами прямої

радіації і радіаційного балансу на горизонтальну поверхню можна розрахувати середні денні суми прямої сонячної радіації і радіаційного балансу, які надходять на схили, в будь-якому пункті без проведення спеціальних мікрокліматичних спостережень за такими формулами:

$$\Sigma S_c = \Sigma S \cdot K_s; \quad K_s = \frac{\Sigma S_c}{\Sigma S}, \quad (2.8)$$

$$\Sigma R_c = \Sigma R \cdot K_R; \quad K_R = \frac{\Sigma R_c}{\Sigma R}, \quad (2.9)$$

де ΣS_c , ΣR_c – місячні суми прямої сонячної радіації і радіаційного балансу на шуканому схилі; ΣS , ΣR – на горизонтальній поверхні.

Голубовою Т.А., Міщенко З.А. [3] за теоретичною формулою 2.6 виконані розрахунки денних сум сумової радіації для північних і південних схилів крутості 10, 20⁰ для кожного місяця з квітня по вересень за матеріалами багаторічних спостережень 98 актинометричних станцій, які розташовані в різних районах СНД. Для кожного місяця визначені перехідні коефіцієнти, які являють собою відношення сумової радіації на схилах до суми сумової радіації на горизонтальній поверхні у вигляді:

$$K_Q = \frac{\Sigma Q_c}{\Sigma Q}, \quad (2.10)$$

де ΣQ_c – середні багаторічні значення місячних сум сумової радіації, яка надходить на схили; ΣQ – середні багаторічні значення сум сумової радіації для горизонтальної поверхні.

Встановлено, що перехідні коефіцієнти для розрахунку місячних сум сумової радіації на схилах і місячні суми фотосинтетично активної радіації на схилах близькі між собою, тобто

$$\frac{\Sigma Q_c}{\Sigma Q} = \frac{\Sigma Q_{\phi c}}{\Sigma Q_{\phi}}. \quad (2.11)$$

Отже агрокліматичні розрахунки сум сумової радіації і сум ФАР на різних схилах заданої крутості можна виконати, використовуючи коефіцієнт відповідно для кожного місяця K_Q за формулами

$$\Sigma Q_c = \Sigma Q \cdot K_Q; \quad \Sigma Q_{\phi c} = \Sigma Q_{\phi} \cdot K_Q. \quad (2.12)$$

Пізніше Ляхова С.В. [5] виконала додатково методичні розробки, які дали змогу розрахувати перехідні коефіцієнти K_Q для північних і південних схилів, а також для західних і східних схилів крутості 5^0 , 10 , 15 , 20^0 стосовно територій Молдови і України в межах $44 - 52^0$ пв.ш. з березня по листопад. Результати цієї роботи не в повному об'ємі представлені в табл.2.1, 2.2. Вона містить значення перехідних коефіцієнтів (K_Q), які змінюються в залежності від широти місця і пори року (весна, літо, осінь). Найбільші відмінності спостерігаються в надходженні сумової радіації і ФАР в день на північні і південні схили. У всі пори року південні схили одержують сонячної радіації більше, а північні схили значно менше чим горизонтальна поверхня. Весною відмінності в надходженні сумової радіації і ФАР на схили виражені максимально і досягають на 45^0 пн.ш. 20-22%, а на 60^0 пн.ш. – 45 – 50%. Восени мікрокліматичні відмінності в надходженні ФАР на північні і південні схили також вельми значні і складають на 45^0 пн.ш. 20 – 25%, а на 60^0 пн.ш. – 30 – 33%. Під час літнього сонцестояння мікрокліматичні відмінності в надходженні сумової радіації і ФАР вирівнюються і не перевищують 9 – 14%.

Агрокліматична оцінка енергетичних ресурсів в конкретному пункті або місцевості виконується за сумами сумової радіації і ФАР за

Таблиця 2.1 Перехідні коефіцієнти (K_Q) для розрахунку місячних сум сумової радіації (ΣQ_c) на північних схилах в Україні

Широта, градус	місяці						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Північний схил 5^0							
44	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,91
46	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,90
48	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97	0,94	0,89
50	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97	0,94	0,88
52	0,94	0,95	0,98	0,97	0,95	0,92	0,84
Північний схил 10^0							
44	0,94	0,96	0,96	0,96	0,94	0,89	0,82
46	0,93	0,95	0,96	0,96	0,94	0,89	0,81
48	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88	0,80
50	0,92	0,94	0,96	0,96	0,94	0,88	0,79
52	0,90	0,91	0,94	0,94	0,92	0,87	0,78
Північний схил 15^0							
44	0,90	0,93	0,94	0,93	0,90	0,82	0,80
46	0,89	0,92	0,94	0,93	0,90	0,82	0,79
48	0,88	0,92	0,94	0,93	0,90	0,81	0,75
50	0,87	0,92	0,93	0,93	0,89	0,80	0,74
52	0,85	0,90	0,92	0,91	0,87	0,78	0,72
Північний схил 20^0							
44	0,86	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75	0,58
46	0,85	0,90	0,92	0,91	0,86	0,75	0,56
48	0,84	0,90	0,92	0,90	0,86	0,75	0,56
50	0,82	0,90	0,91	0,90	0,85	0,75	0,56
52	0,78	0,88	0,90	0,88	0,82	0,70	0,54

Таблиця 2.2 Перехідні коефіцієнти для розрахунку місячних сум сумової радіації (ΣQ_c) на південних схилах в Україні

Широта, градус	місяці						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Південний схил 5^0							
44	1,02	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,08
46	1,03	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,08
48	1,03	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,09
50	1,03	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04	1,09
52	1,04	1,02	1,01	1,01	1,03	1,05	1,10
Південний схил 10^0							
44	1,04	1,02	1,00	1,00	1,04	1,08	1,14
46	1,05	1,02	1,00	1,01	1,04	1,08	1,15
48	1,05	1,02	1,00	1,00	1,04	1,08	1,16
50	1,05	1,02	1,00	1,01	1,04	1,08	1,17
52	1,05	1,03	1,01	1,02	1,06	1,09	1,19
Південний схил 15^0							
44	1,05	1,02	0,99	1,00	1,05	1,11	1,17
46	1,06	1,02	0,99	1,01	1,05	1,11	1,18
48	1,06	1,02	1,00	1,01	1,05	1,12	1,19
50	1,06	1,02	1,00	1,01	1,05	1,12	1,21
52	1,06	1,02	1,00	1,01	1,05	1,14	1,25
Південний схил 20^0							
44	1,06	1,02	0,98	1,00	1,06	1,15	1,26
46	1,07	1,02	0,99	1,01	1,06	1,15	1,28
48	1,08	1,02	1,00	1,01	1,06	1,16	1,30
50	1,08	1,03	1,00	1,01	1,06	1,16	1,32
52	1,08	1,03	1,00	1,02	1,06	1,17	1,34

теплий період з середньою добовою (T_c) або середньою денною (T_d) температурами повітря вище 5, 10, 15 °С, які розраховуються для кожного місцеположення. Для горизонтальної поверхні формула має вигляд

$$\Sigma Q' = (\Sigma Q_{IV} + \Sigma Q_V + \dots + \Sigma Q_X), \quad (2.13)$$

де $\Sigma Q'$ – сума сумової радіації за теплий період для відкритого рівного місця; ΣQ_{IV} , ΣQ_V і до ΣQ_X – місячні суми сумової радіації з квітня по жовтень.

Для схилів конкретної експозиції і крутості розрахунки, $\Sigma Q'_c$ проводяться аналогічним чином за формулою

$$\Sigma Q'_c = (\Sigma Q_{cIV} + \Sigma Q_{cV} + \dots + \Sigma Q_{cX}). \quad (2.14)$$

За неповні місяці (на початку і вкінці періоду) суми сумової радіації і суми ФАР підраховуються за відповідним графіком річного ходу цих показників, побудованому для конкретного місцеположення (горизонтальна поверхня, північний схил крутістю 10^0 , південний схил крутістю 10^0 і т.д.) згідно з формулою

$$\Sigma Q = \frac{a + b}{2} \cdot n, \quad (2.15)$$

де a – денна сума сумової радіації на дату початку (кінця) теплого періоду; b – те ж, на кінець (початок) місяця; n – число днів неповного місяця.

Суми ФАР за теплий період для горизонтальної поверхні і різних схилів розраховуються за такими формулами:

$$\Sigma Q'_\phi = 0,5 \Sigma Q'; \quad \Sigma Q'_{\phi c} = 0,5 \Sigma Q'_c. \quad (2.16)$$

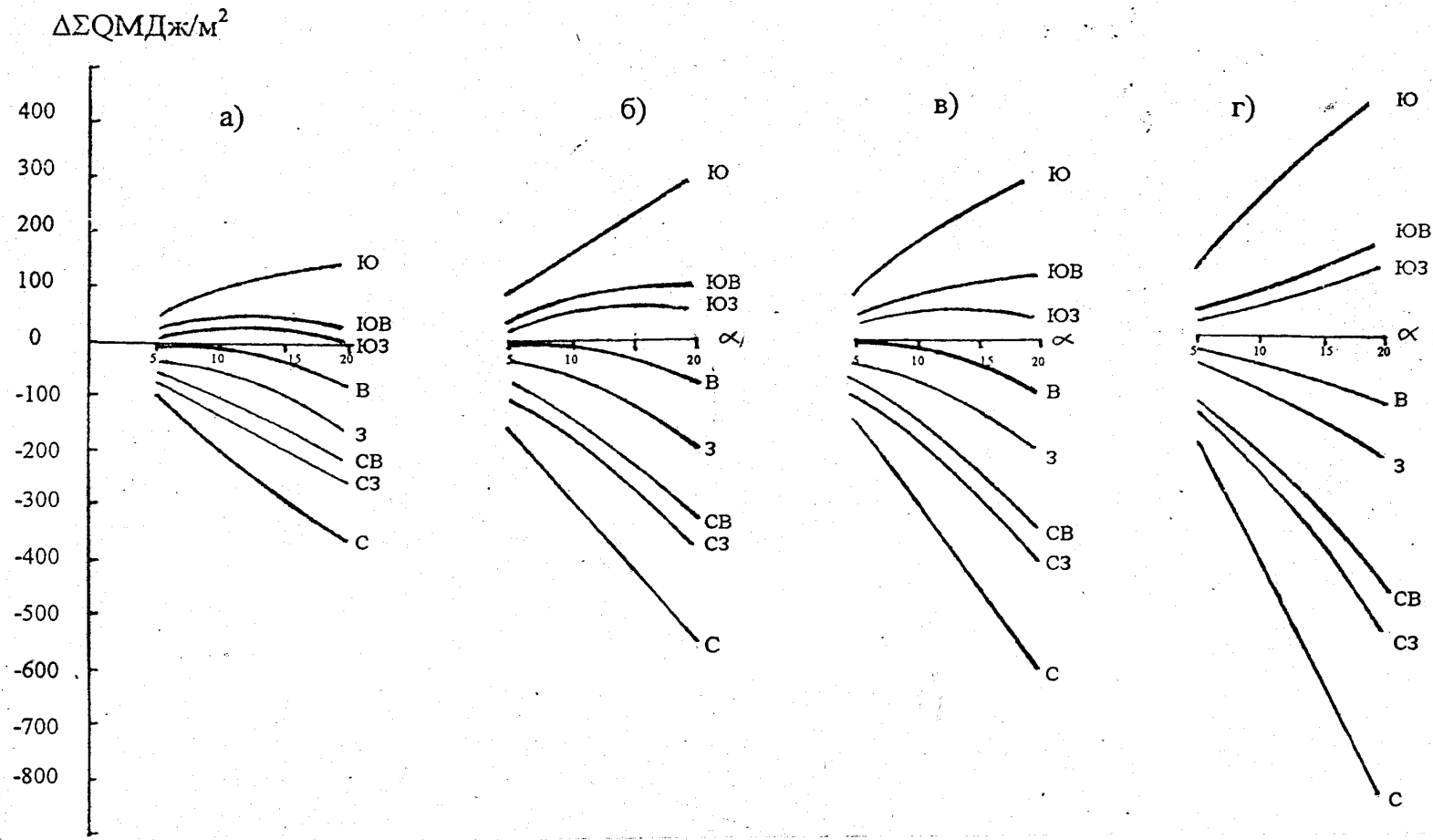


Рис.2.1. Відхилення сум сумової радіації ($\Delta\Sigma Q$) за теплий період з температурою T_c вище 10°C на схилах різної експозиції і крутості в порівнянні з рівним місцем в Україні. Макрорайони: а) – крайній північний, холодний (1); б) – центральний, теплий (4); в) – південний теплий (5); г) – південний жаркий (7).

Реальна географічна мінливість сум сумової радіації і сум ФАР за теплий період в межах всієї України значно більше фоновій. Значення $\Delta\Sigma Q$ і $\Delta\Sigma Q_{\phi}$ визначаються у вигляді відповідних різниць

$$\Delta\Sigma Q_{cx} = \Sigma Q_{cx} - \Sigma Q; \quad \Delta\Sigma Q_{c\phi} = \Sigma Q_{c\phi} - \Sigma Q. \quad (2.17)$$

Установлено, що мікрокліматичні відмінності в сумах сумової радіації і сумах ФАР значні і зростають із збільшенням крутості схилів по мірі просування з півночі на південь України. Останнє обумовлено тим, що в цьому напрямку значно зростає інтенсивність сонячної радіації і збільшується тривалість теплового періоду з температурою повітря вище 10 °С. Внесок обох факторів дуже значний, про що свідчить віялоподібний характер розходження ліній на рис. 2.1.

Запропонована методика агрокліматичних розрахунків характеристик сонячної радіації для рівного місця і схилів різної експозиції і крутості дає змогу детально оцінити просторову мінливість їх на обмежених територіях (адміністративна область, район, окреме господарство) Картографування цих показників на морфометричній основі може служити науковою основою для здійснення мікрорайонування сільськогосподарських культур в невеликому районі або на території великої ферми на сортовому рівні.

Контрольні питання.

1. Чому дорівнює радіаційний баланс?
2. Дайте визначення фотосинтетично активній радіації?
3. На які групи діляться рослини за реакцією на тривалість освітлення?
4. Назвіть основні показники радіаційно-світлових ресурсів?
5. В яких одиницях вимірюються характеристики сонячної радіації?
6. Які ви знаєте формули для розрахунку сумової сонячної радіації?

7. Як розраховується фотосинтетично активна радіація?
8. Вкажіть кількісні залежності розрахунку радіаційно-світлових ресурсів для території України для рівної поверхні?
9. Яка радіація більш за все змінюється на схилах і як її розраховують?
10. Опишіть розрахунок радіаційного балансу для схилів?
11. опишіть методику розрахунку сум сумарної радіації і ФАР для схилів?
12. Який коефіцієнт застосовують для розрахунку сум сумарної радіації для схилів різної крутості?
13. Як вирахувати значення сум сумарної радіації і ФАР за період з T_d вище 5, 10, 15 $^{\circ}\text{C}$.

3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. За даними додатку А.1 побудувати неповну (за два весняних та два літніх місяці) криву річного ходу денної температури повітря для двох пунктів (північного та південного).
2. Використовуючи графік для кожної станції визначити: дати переходу T_d через 5, 10, 15 $^{\circ}\text{C}$ навесні та восени; тривалість теплого періоду з температурою T_d вище 5, 10, 15 $^{\circ}\text{C}$. Дані розрахунків занести в форму табл. 1 додатку Б.
3. За даними додатку А.2 розрахувати:
 - місячні значення сум ФАР за формулою (1.9);
 - суми сумової радіації та ФАР за теплий період з T_d вище 5, 10, 15 $^{\circ}\text{C}$ для горизонтальної поверхні за формулою (2.13; 2.16);Результати записати в табл. 2 додатку Б.
4. Застосовуючи перехідні коефіцієнти K_Q (табл. 2.1; 2.2) розрахувати місячні суми сумової радіації та ФАР для північних та південних схилів

крутизною 5, 10, 15, 20° по формулі (2.12).

Результати розрахунків записати в табл. 3 додатку Б.

5. Використовуючи одержані дані розрахувати суми сумової радіації та ФАР за теплий період з T_d вище 5, 10, 15 °С для північних та південних схилів за формулами (2.14; 2.16). Результати записати в табл. 4 додатку Б

6. Вирахувати відхилення сум сумової радіації та ФАР ($\Delta\Sigma Q$, $\Delta\Sigma Q_{\phi}$) відносно рівного місця, тобто горизонтальної поверхні. Результати записати в табл. 4 додатку Б.

7. Побудувати графік відхилень місячних сум сумової радіації та ФАР на схилах відносно рівного місця, використовуючи дані табл. 4 додатку Б. На осі абсцис слід зазначити крутість схилу, а на осі ординат – значення $\Delta\Sigma Q$, $\Delta\Sigma Q_{\phi}$.

8. Одержані результати проаналізувати та скласти коротку агро та мікрокліматичну характеристику радіаційно-світлових ресурсів в районі обраних пунктів.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Мищенко З.А. Агрокліматологія. – К.: КНТ, 2009, с. 62 – 77.
2. Мищенко З.А., Ляхова С.В. Региональная оценка агроклиматических ресурсов на территории Украины и урожай винограда // Метеорология, климатология и гидрология. – 1999. – Вып. 36. – с. 100 – 118.
3. Міщенко З.А., Ляшенко Г.В. Мікрокліматологія. – К.: КНТ, 2007. – 336 с.
4. Методи оцінки і районування мікрокліматичної мінливості радіаційно-теплових ресурсів України для оптимізації розміщення сільськогосподарських культур // Під ред. М.І. Кульбіді, З.А. Міщенко. – К.: Укр. ГМЦ, 2004. – 111с.
5. Ляхова С.В. Микроклиматическая изменчивость суммарной радиации и ФАР на склонах в Украине // Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса, 1998, вып. 35. – с. 209-222.

Таблиця А.1 - Середні багаторічні значення місячних денних температур повітря ($^{\circ}\text{C}$).

Станція	місяць								
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Чернігів	-1.4	6.8	14.4	17.5	19.4	18.2	13.2	6.8	0.6
Житомир	-0.4	7.0	13.9	17.0	18.9	17.8	13.1	7.2	1.3
Київ, обс	-0.4	7.5	14.7	17.8	19.8	18.7	13.9	7.5	1.2
Львів	0.3	6.7	12.7	15.2	17.4	16.5	13.0	7.7	2.4
Полтава	-1.3	7.6	15.0	18.3	20.6	19.7	14.3	7.4	0.6
Харків	-1.7	7.7	15.1	18.6	20.8	19.7	14.0	7.1	0.3
Умань	-0.3	7.4	14.3	17.5	19.5	18.9	13.9	7.8	1.4
Чернівці	1.5	8.3	14.3	17.4	19.3	18.6	14.2	8.6	2.4
Кривий Ріг	1.0	8.8	16.0	19.6	22.4	21.4	16.2	9.4	2.0
Одеса	2.0	8.2	15.0	19.4	22.2	21.4	16.9	11.4	5.3
Херсон	2.2	9.3	16.2	20.0	23.0	21.9	16.8	10.5	4.1
Клепініно	2.6	8.9	15.0	19.8	22.8	22.0	16.5	11.0	5.0
Сімферополь	3.0	9.3	14.6	19.0	21.8	21.2	16.4	11.4	5.8
Севастополь	5.3	9.5	14.9	19.4	22.4	22.1	18.0	13.6	8.6
Феодосія	4.2	9.6	15.8	20.4	23.8	23.2	18.5	13.1	7.3
Ялта	5.9	10.3	15.6	20.3	23.7	23.5	19.1	14.2	9.3

Таблиця А.2 - Середні багаторічні значення місячних сум сумової радіації, МДж/м²

Станція	φ	місяць								
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Чернігів	51°32′	314,6	444,6	484,8	679,6	579,6	479,8	306,6	224,8	88,6
Житомир	50°22′	320,3	448,8	479,9	672,3	610,6	464,1	290,5	244,7	92,8
Київ, обс	50°27′	318,4	435,8	603,4	662,0	653,5	553,1	393,9	234,6	92,1
Львів	50°46′	267,4	362,2	338,4	560,8	630,4	497,8	295,7	243,2	89,1
Полтава	49°36′	310,1	410,6	578,2	628,5	653,6	519,6	402,2	201,1	92,1
Харків	50°00′	367,4	452,3	458,3	646,8	662,4	488,8	284,5	245,7	131,8
Умань	49°26′	384,7	446,3	422,0	585,8	672,3	543,9	300,4	285,4	122,2
Чернівці	48°32′	396,5	457,6	461,9	613,8	624,7	538,5	364,6	228,5	174,4
Кривий Ріг	48°50′	368,5	520,8	472,7	602,5	675,3	662,2	365,4	324,2	106,4
Одеса	46°29′	360,3	561,5	678,8	695,5	754,2	628,5	477,8	293,3	134,1
Херсон	46°38′	382,3	456,8	640,9	646,8	752,5	680,7	375,4	302,3	185,4
Клепініно	45°34′	376,5	526,8	558,7	637,3	710,5	684,2	384,3	275,6	283,1
Сімферополь	45°18′	368,7	527,9	703,9	729,1	745,8	653,6	502,8	343,6	159,2
Севастополь	44°34′	372,2	534,6	551,2	645,4	720,6	687,0	422,6	326,2	219,2
Феодосія	45°35′	379,3	582,5	475,2	584,3	752,7	683,0	410,4	315,6	204,0
Ялта	44°30′	377,1	536,3	678,8	737,4	762,5	662,0	502,8	343,6	176,0

Таблиця Б.1 - Дати переходу T_d через 5, 10, 15 °С восени та навесні (D_v , D_o) та тривалість відповідних теплих періодів з T_d вище 5, 10, 15 °С (N_d).

Станція	D_v			D_o			N_d з T_d вище		
	5 °С	10 °С	15 °С	5 °С	10 °С	15 °С	5 °С	10 °С	15 °С
1									
2									

Таблиця Б.2 – Місячні суми сумової радіації та ФАР за теплий період з T_d вище 5, 10, 15 °С для горизонтальної поверхні.

Станція	Пара-метр	Місяць								За період з T_d вище		
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	5 °С	10 °С	15 °С
1	ΣQ											
	ΣQ_ϕ											
2	ΣQ											
	ΣQ_ϕ											

Таблиця 3. Кількісна оцінка сум сумової радіації та ФАР для північних та південних схилів.

Станція	Місяць	Північний схил				PM	Південний схил			
		20°	15°	10°	5°		5°	10°	15°	20°
ΣQ	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VIII									
	IX									
	X									
	XI									
ΣQ_{ϕ}	IV									
	V									
	VI									
	VII									
	VIII									
	IX									
	X									
	XI									

Таблиця Б.4 – Суми сумової радіації та ФАР за теплий період з T_d вище 5, 10, 15 °С в різних місцеположеннях.

Станція	Параметр	Північний схил				РМ	Південний схил			
		20°	15°	10°	5°		5°	10°	15°	20°
Абсолютні значення										
	ΣQ вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									
	ΣQ_{ϕ} вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									
Відносно рівного місця										
	$\Delta \Sigma Q$ вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									
	$\Delta \Sigma Q_{\phi}$ вище									
	5 °С									
	10 °С									
	15 °С									

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання практичних робіт по темі
„РОЗРАХУНОК АГРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РАДІАЦІЙНИХ
РЕСУРСІВ ДЛЯ РІВНОГО МІСЦЯ ТА СХИЛІВ”
з дисципліни „Агрокліматологія” та „Мікрокліматологія”
для студентів 4-го та 5-го курсів

Напрямок підготовки – Гідрометеорологія
Спеціальність – Агрометеорологія

Укладач: к. геогр. н., доц. Кирнасівська Н.В.

Підписано до друку _____ 2009. Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. _____.
Тираж ____ прим. Зам. № ____.

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15