

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ

МЕТЕОРОЛОГІЯ І КЛІМАТОЛОГІЯ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичної роботи за темою
«Розрахунок складових теплового балансу»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності Е2 Екологія

ОДЕСА
ОНУ
2025

**УДК 551.5+551.58(072)
М541**

Укладач:

Л. В. Недострелова, кандидат географічних наук, доцент кафедри метеорології та кліматології факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Рецензенти:

Н. С. Кічук, кандидат географічних наук, доцент кафедри гідрології суші факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

О. А. Барсукова, кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроєкології факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

*Рекомендовано вченою радою факультету гідрометеорології і екології
ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 13 від 24 квітня 2025 р.*

М541 **Метеорологія і кліматологія** [Електронний ресурс] : електрон. метод. вказівки до практ. роботи за темою «Розрахунок складових теплового балансу» для здобувачів першого (бакалавр.) рівня вищ. освіти спец. Е2 Екологія / уклад. Л. В. Недострелова. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. – 33 с. – 2,1 МБ.

Методичні вказівки розроблені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» спеціальності Е2 «Екологія» для опанування матеріалу при підготовці до практичної роботи за темою «Розрахунок складових теплового балансу», оформленні роботи при самостійному виконанні завдання.

УДК 551.5+551.58(072)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	5
ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ	12
ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ СКЛАДОВИХ РАДІАЦІЙНОГО ТА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ В ЛИПНІ НА СТАНЦІЇ КИЇВ	16
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	22
ДОДАТОК А	23
ДОДАТОК Б	26

ВСТУП

Дисципліна «Метеорологія і кліматологія» належить до системи природничо-наукових дисциплін. Вона є складовою частиною державного стандарту освіти на рівні бакалавра. Ця дисципліна є вибірковою для студентів освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» спеціальності 101 «Екологія».

Мета дисципліни – формування у бакалаврів бази фундаментальних знань про атмосферу та її взаємодію з підстильною поверхнею, метеорологічний моніторинг на метеорологічних станціях, накопичення та опрацювання інформації для діагнозу і прогнозу стану атмосфери з метою визначення потенціальної можливості накопичення шкідливих викидів у приземному шарі повітря, про фізичні процеси та фактори, які формують клімат земної кулі і окремих географічних областей.

У розділі «Кліматологія» дисципліни «Метеорологія і кліматологія» викладаються основні положення вчення про клімат, атмосферні процеси, які формуються під дією астрономічних факторів і складного комплексу фізико-географічних умов. Ці процеси виникають завдяки, головним чином, сонячній радіації, яка зумовлює перенесення повітря і його трансформацію внаслідок обміну теплом і вологою з поверхнею суші і океану.

При розв'язанні численних задач сучасної кліматології часто потрібно визначати складові радіаційного та теплового балансів для різних областей поверхні суші і водоймищ. В даній практичній роботі пропонується метод розрахунку складових теплового балансу для підстильної поверхні суші за місяць, запропонований Головною геофізичною обсерваторією, що широко використовується в кліматичних дослідженнях. Тож метою роботи є формування у студентів базових знань про складові радіаційного і теплового балансу атмосфери та підстиляючої поверхні. Основне завдання роботи – розрахунок складових радіаційного і теплового балансу для різних місяців року і окремих регіонів України, а також аналіз отриманих результатів.

ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При розв'язанні численних задач сучасної кліматології часто потрібно визначати складові радіаційного та теплового балансів як для різних областей поверхні суші, так і для водоймищ [1–5]. Оскільки матеріалу прямих балансових спостережень недостатньо, то використовують непрямі методи розрахунку складових теплового балансу по даних спостережень за основними метеорологічними величинами. Існують методи розрахунку складових теплового балансу, які засновані на використанні даних, які здобувають при спостереженні на метеорологічних станціях. Ці методи дозволяють оцінювати складові балансу для значних областей і тривалих проміжків часу (місяць, рік). При аналізі актинометричних даних з'явилась можливість побудувати карти складових теплового балансу безпосередньо за даними цих спостережень. В даній роботі пропонується метод розрахунку складових теплового балансу для підстильної поверхні суші за місяць, запропонований ГГО, який широко використовується в кліматичних дослідженнях [1–6].

Рівняння теплового балансу підстильної поверхні суші має вид:

$$R = LE + P + A, \quad (1)$$

де R – радіаційний баланс підстильної поверхні, Дж/м² ;

LE – потік тепла, пов'язаний з фазовими перетвореннями води, Дж/м² ;

L – питома теплота пароутворення;

E – турбулентний потік вологи (випаровування);

P – турбулентний потік тепла між підстильною поверхнею та атмосферою, Дж/м² ;

A – потік тепла між підстильною поверхнею і шарами, які лежать нижче, Дж/м² .

Як відомо, величина радіаційного балансу R дорівнює різниці між поглиненою сумарною короткохвильовою радіацією P_0 та ефективним довгохвильовим випромінюванням підстильної поверхні B^* :

$$R = P_0 - B^*, \quad (2)$$

Поглинена радіація P_0 визначається за формулою

$$P_0 = (I' + i)_n (1 - \alpha), \quad (3)$$

де $(I' + i)_n$ – сумарна радіація за дійсних умов хмарності, Дж/м²;

n – середня кількість хмарності, що виражена в частках одиниці (за 1 приймається кількість хмарності в 10 балів);

α – альбедо;

I' – пряма радіація, Дж/м²;

i – розсіяна радіація, Дж/м².

Існують емпіричні формули, які дають змогу провести оцінку впливу хмарності на потік сумарної радіації. Найчастіше для кліматологічних розрахунків сумарної радіації застосовується формула, яка запропонована Т. Г. Берлянд:

$$(I' + i)_n = (I' + i)_0 (1 - an - bn^2), \quad (4)$$

де $(I' + i)_0$ – сумарна радіація за умов ясного неба, Дж/м²;

a і b – числові коефіцієнти.

Коефіцієнт a значно змінюється з широтою місцевості. Його значення наведено в таблиці А.1. Значення коефіцієнта b для різних широт змінюється мало, його середнє значення вважається таким, що дорівнює 0,38.

Значення сумарної радіації за умови безхмарного неба $(I' + i)_0$ визначається для відповідної широти і місяця року по таблиці А.4.

Для кліматологічних розрахунків рекомендується використовувати наступні значення альбедо (α) : в теплу пору року за умови відсутності снігового покриву $\alpha = 0.18$; коли сніговий покрив нестійкий $\alpha = 0.45$; в період зі стійким сніговим покривом $\alpha = 0.70$. Для місяців, протягом яких стан підстильної поверхні змінюється (весною та восени), альбедо треба визначати як середню зважену величину з урахуванням дат появи та встановлення снігового покриву, дат його руйнування та зникнення. Приклад розрахунку величини альбедо в перехідний місяць наведено в таблиці А.2. Після розрахунку сумарної радіації за дійсних умов хмарності $(I' + i)_n$ за формулою (4) і альбедо (α) можна визначити значення поглиненої радіації P_0 за формулою (3).

Для розрахунку величини ефективного випромінювання використовують формулу:

$$B^* = B_0^*(1 - cn^2) + 4s\sigma\theta^3(\theta_w - \theta), \quad (5)$$

де B_0^* – ефективне випромінювання за умов ясного неба (Дж/м²), що визначають по значеннях температури повітря t (°C) та парціального тиску водяної пари e , гПа (таблиця А.5);

c – коефіцієнт, який враховує вплив хмарності на ефективне випромінювання (значення в залежності від широти наведені в таблиці А.3);

s – коефіцієнт, який характеризує ступінь відхилення випромінювання даного тіла від випромінювання чорного тіла (зазвичай при розрахунках вважають, що s дорівнює 0.95);

σ – стала Стефана-Больцмана;

θ_w , θ – температура відповідно повітря та діяльної поверхні.

Формулу (5) можна надати як

$$B^* = B_n^* + \Delta R, \quad (6)$$

де B_n^* – ефективне випромінювання за дійсних умов хмарності, Дж/м²;

ΔR – поправка, Дж/м².

Значення B_n^* визначають за формулою:

$$B_n^* = B_0^*(1 - cn^2). \quad (7)$$

Величину поправки ΔR можна розрахувати за формулою:

$$\Delta R = 4s\sigma\theta^3(\theta_w - \theta). \quad (8)$$

Оскільки дані про температуру підстильної поверхні менш надійні ніж дані про температуру повітря, поправку ΔR часто визначають непрямым шляхом після попереднього визначення таких складових теплового балансу, як величини LE та A , з формули:

$$\Delta R = \frac{P_0 - B_n^* - LE - A}{1 + \frac{b}{4s\sigma\theta^3}}, \quad (9)$$

де b – коефіцієнт пропорційності. Величина відношення $\frac{b}{4s\sigma\theta^3}$ у формулі (9)

суттєво залежить від середньої інтенсивності турбулентного обміну в приземному шарі повітря. Однак для наближеного розрахунку радіаційного балансу суші можна

обмежитись урахуванням середніх значень відношення $\frac{b}{4s\sigma\theta^3}$. При цьому величина

$$\frac{b}{4s\sigma\theta^3} \approx 3, \quad \text{якщо} \quad (P_0 - B_n^* - LE - A) > 0 \quad i$$

$$\frac{b}{4s\sigma\theta^3} \approx 1, \quad \text{якщо} \quad (P_0 - B_n^* - LE - A) < 0. \quad (10)$$

Тоді поправка ΔR розраховується таким чином: коли чисельник виразу ΔR додатний, то ΔR дорівнює значенню чисельника, що поділяється на 4; коли чисельник від'ємний, то ΔR дорівнює значенню чисельника, що поділяється на 2 (з урахуванням від'ємного знаку чисельника).

При розрахунках зручно скласти робочу таблицю 1.

Витрати тепла на випаровування (LE) дорівнюють добутку питомої теплоти пароутворення L на величину випаровування E (в системі СІ одиниці вимірювання випаровування – $\text{кг}/\text{м}^2$; $1\text{мм} = 1\text{кг}/\text{м}^2$). У кліматичних розрахунках використовують сталі значення L , яке дорівнює $0.25 \cdot 10^7$ Дж/кг.

Величина потоку тепла в ґрунті A може бути визначена на основі річної амплітуди температури повітря A_t , яка дає уявлення про амплітуду потоку тепла в ґрунті A_g . Остання являє собою різницю між величинами потоку тепла за теплий і холодний періоди, які дорівнюють один одному по величині, але відрізняються знаками. Тому сумарна величина потоку тепла в ґрунті за рік дорівнює нулю.

Для районів північної півкулі зі значною річною амплітудою температури повітря ($A_t > 10^\circ\text{C}$), річний хід потоку тепла в ґрунті може бути наданий у вигляді відносних величин A' (табл. А.6). Вони виражаються в частках від суми за період (теплий або холодний), протягом якого напрямок (знак) потоку тепла не змінюється.

Величина потоку тепла в ґрунті за період A дорівнює добутку величини половини його річної амплітуди A_2 , яку визначають за значенням річної амплітуди температури повітря (табл. А.7) на відносну величину A' . Таким чином, місячну величину потоку тепла в ґрунті A можна розрахувати, як

$$A = A' \cdot \frac{A_2}{2}. \quad (11)$$

Наведемо порядок визначення потоку тепла в ґрунті A :

1. Визначаємо річну амплітуду температури повітря A_T , яка дорівнює різниці між середніми місячними температурами повітря найтеплішого і найхолоднішого місяців року;
2. По річній амплітуді температури повітря A_T визначаємо річну амплітуду потоку тепла в ґрунті A_2 (табл. А.7).
3. Знаходимо половину річної амплітуди потоку тепла в ґрунті $\frac{A_2}{2}$.
4. Для конкретного місяця року визначаємо значення A' (табл. А.6.)
5. Визначаємо місячну величину A за формулою (11).

Таблиця 1

Робоча таблиця розрахунків складових радіаційного і теплового балансу

№ п/п	Складові теплового балансу та характеристики	Місяці	
1	$(I' + i)_0$, Дж/м ²		
2	a		
3	b		
4	n		
5	$(1 - an - bn^2)$		

6	$(I' + i)_n$, Дж/м ²		
7	α		
8	$(1 - \alpha)$		
9	P_0 , Дж/м ²		
10	B_0^* , Дж/м ²		
11	c		
12	$(1 - cn^2)$		
13	B_n^* , Дж/м ²		
14	E , кг/м ²		
15	L , Дж/кг		
16	LE , Дж/м ²		
17	A_t , °С		
18	A_2 , Дж/м ²		
19	A'		
20	A , Дж/м ²		
21	$(P_0 - B_n^* - LE - A)$, Дж/м ²		
22	ΔR , Дж/м ²		
23	B^* , Дж/м ²		
24	R , Дж/м ²		
25	P , Дж/м ²		

Якщо відомі значення радіаційного балансу R , потоку тепла, пов'язаного з фазами перетворення води LE та потоку тепла між підстильною поверхнею і шарами, які лежать нижче A , можна визначити значення турбулентного потоку тепла P , який обчислюють, з рівняння теплового балансу підстильної поверхні (1) [1–5]

$$P = R - LE - A. \quad (12)$$

Напрямки і знаки складових теплового балансу показано на рис. 1.

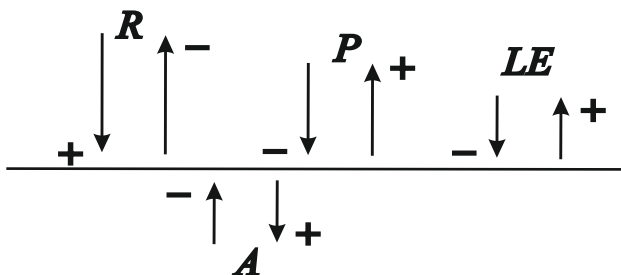


Рис. 1. Напрямки і знаки складових теплового балансу

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

На основі вихідних метеорологічних даних, які наведені в табл. Б.1–Б.14, провести розрахунки складових радіаційного та теплового балансів. Розрахунки провести для одного місяця однієї метеорологічної станції. Після завершення розрахунків виконати аналіз складових радіаційного та теплового балансів та накреслити рисунок за прикладом (рис. 1).

При цьому розрахунки рекомендується провести в такому порядку:

1. Виписати вихідні багаторічні метеорологічні дані з відповідної таблиці Б.1–Б.14. Обов'язково вказати назву станції, її широту (φ) та стан снігового покриву (середні дати).

2. Визначити величину сумарної радіації $(I' + i)_0$ за умови безхмарного неба за табл. Б.4, використовуючи широту станції (φ) і конкретний місяць року (табл. Б.1–Б.14). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 1).

3. Визначити числовий коефіцієнт a по таблиці Б.1, використовуючи широту станції (φ) (табл. Б.1–Б.14). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 2).

4. Записати в робочу таблицю 1 значення числового коефіцієнта b , який дорівнює $0,38$ (пункт 3).

5. Визначити середню кількість хмарності, що виражена в частках одиниці n (за 1 приймається кількість хмарності в 10 балів). Для цього використати дані про середній бал хмарності для конкретного місяця року (табл. Б.1–Б.14). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 4).

6. Розрахувати вираз, що відбиває вплив хмарності на сумарну радіацію $(1 - an - bn^2)$ в формулі (4). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 5).

7. Визначити сумарну радіацію за умови реальної хмарності $(I' + i)_n$ за формулою (4). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 6).

8. Розрахувати альbedo α з урахуванням дат появи та встановлення снігового покриву, дат його руйнування та зникнення (табл. Б.1–Б.14). Приклад розрахунку наведено в табл. А.2. Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 7).

9. Розрахувати вираз $(1 - \alpha)$, що відбиває вплив альbedo на поглинену радіацію в формулі (3). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 8).

10. Визначити величину поглиненої радіації P_0 за формулою (3). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 9).

11. Визначити величину ефективного випромінювання за умови безхмарного неба B_0^* по табл. А.5, використовуючи дані парціального тиску

водяної пари і середньої місячної температури повітря для конкретного місяця року (Б.1-Б.14). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 10).

12. Визначити числовий коефіцієнт c по табл. А.3, використовуючи широту станції (φ) (Б.1–Б.14). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 11).

13. Розрахувати вираз, що відбиває вплив хмарності на ефективне випромінювання $(1 - cn^2)$ в формулі (7). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 12).

14. Визначити величину ефективного випромінювання за дійсних умов хмарності B_n^* за формулою (1). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 13).

15. Записати в робочу таблицю 1 значення випаровування E для конкретного місяця року (Б.1–Б.14) (пункт 14).

16. Записати в робочу таблицю 1 значення питомої теплоти пароутворення L , яка дорівнює $0.25 \cdot 10^7$ Дж/кг. (пункт 15).

17. Розрахувати потік тепла, пов'язаний з фазовими перетвореннями води LE як добуток питомої теплоти пароутворення L на величину випаровування E . Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 16).

18. Визначити річну амплітуду температури повітря A_f , яка дорівнює різниці між середніми місячними температурами найтеплішого і найхолоднішого місяців року (Б.1–Б.14). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 17).

19. Визначити річну амплітуду потоку тепла в ґрунті A_2 , використовуючи дані річної амплітуди температури повітря A_f , за табл. А.7. Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 18).

20. Визначити відносну величину потоку тепла в ґрунті A' , що виражена в частках від його суми за теплий і холодний період для конкретного місяця року за табл. Б.6. Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 19).

21. Визначити величину потоку тепла в ґрунті A за формулою (11). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 20).

22. Розрахувати чисельник поправки ΔR в формулі (9) у вигляді $(P_0 - B_n^* - LE - A)$. Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 21).

23. Визначити поправку ΔR за формулою (9) з урахуванням виразу (10). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 22).

24. Визначити величину ефективного випромінювання B^* за формулою (6). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 23).

25. Визначити величину радіаційного балансу R за формулою (2). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 24).

26. Визначити величину турбулентного потоку тепла P за формулою (12). Записати отриманий результат в робочу таблицю 1 (пункт 25).

27. Побудувати схематичне зображення складових теплового балансу LE , A , R , P для конкретного місяця року. Для цього використати дані робочої таблиці 1, що надані в пунктах 16, 20, 24, 25 і рис. 1.

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ СКЛАДОВИХ РАДІАЦІЙНОГО ТА ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ В ЛИПНІ НА СТАНЦІЇ КИЇВ

1. Надаємо вихідні дані – Київ, липень. Використовуємо табл. Б.1 для липня (VII місяць року).

Липень	
середня місячна температура повітря, °С	19,8;
середній бал хмарності	5,3;
опади, мм	79;
парціальний тиск водяної пари, гПа	15,5;
випаровування, мм	70

Середні дати: виникнення снігового покриву – 15 листопада; утворення стійкого снігового покриву – 15 грудня; руйнування стійкого снігового покриву – 14 березня; схід снігового покриву – 30 березня.

2. Визначаємо величину сумарної радіації $(I' + i)_0$ за умови безхмарного неба за табл. Б.4. По значенню широти м. Київ $\varphi = 50^{\circ}24'$ (приблизно $\varphi = 50^{\circ}$ пн. ш.) і сьомий місяць року (липень): $(I' + i)_0 = 94,3 \cdot 10^7$ Дж/м². Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 1).

3. Визначаємо числовий коефіцієнт a по табл. А.1. По значенню широти станції Київ $\varphi = 50^{\circ}$ пн. ш. (Б.1) – a дорівнює 0,40. Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 2).

4. Записуємо в табл. 2 значення числового коефіцієнта b , який дорівнює 0,38 (пункт 3).

5. Визначаємо середню кількість хмарності n , що виражена в частках одиниці n . Середній бал хмарності – 5,3 (Б.1), тоді $n=0,53$. Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 4).

6. Розраховуємо вираз $(1 - an - bn^2)$ і записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 5):

$$(1 - 0,4 \cdot 0,53 - 0,38 \cdot 0,53^2) = 0,68.$$

7. Визначаємо сумарну радіацію за умови реальної хмарності $(I' + i)_n$ за формулою (4):

$$(I' + i)_n = 94,3 \cdot 10^7 \cdot 0,68 = 64,1 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 6).

8. Розраховуємо альбедо α з урахуванням даних (А.1). Для середніх кліматичних умов при відсутності снігового покриву альбедо дорівнює 0,18. Записуємо в табл. 2 (пункт 7).

9. Розраховуємо вираз $(1 - \alpha)$ і записуємо в табл. 2 (пункт 8):

$$(1 - 0,18) = 0,82.$$

10. Визначаємо величину поглиненої радіації P_0 з формули (3):

$$P_0 = 64,1 \cdot 10^7 \cdot 0,82 = 52,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 9).

11. Визначаємо величину ефективного випромінювання за умови безхмарного неба B_0^* за табл. А.5. За значеннями парціального тиску 15,5 гПа і середньої місячної температури повітря 19,8 °С (Б.1):

$$B_0^* = 19,4 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Парціальний тиск і температуру повітря вважаємо такими, що наближені до табличних даних. Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 10).

12. Визначаємо числовий коефіцієнт C по табл. А.3. По значенню широти м. Київ $\varphi = 50^0$ пн. ш. (Б.1) C дорівнює 0,72. Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 11).

13. Розраховуємо вираз $(1 - cn^2)$:

$$(1 - 0,72 \cdot 0,53^2) = 0,80.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 12).

14. Визначаємо величину ефективного випромінювання за дійсних умов хмарності B_n^* за формулою (7):

$$(B_n^* = 19,4 \cdot 10^7 \cdot 0,80 = 15,5 \cdot 10^7) \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 13).

15. Записуємо значення випаровування E на станції Київ у липні (Б.1) в табл. 2 (пункт 14):

$$E = 70 \text{ мм} = 70 \text{ кг/м}^2.$$

16. Записуємо в робочу табл. 1 значення сталої величини – питомої теплоти пароутворення L , яка дорівнює $0,25 \cdot 10^7$ Дж/кг. (пункт 15).

17. Розраховуємо потік тепла, пов'язаний з фазовими перетвореннями води LE :

$$LE = 0,25 \cdot 10^7 \cdot 70 = 17,5 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 16).

18. Визначаємо річну амплітуду температури повітря A_t (Б.1).
Найтепліший – липень ($t_T = 19,8$ °С), найхолодніший – січень ($t_X = -5,9$ °С):

$$A_t = t_T - t_X = 19,8 - (-5,9) = 25,7 \text{ °С}.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 17).

19. Визначаємо річну амплітуду потоку тепла в ґрунті A_2 по табл. А.7. Значення A_2 для $A_t = 25,7$ °С складає приблизно $19,4 \cdot 10^7$ Дж/м². Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 18).

20. Визначаємо відносну величину потоку тепла в ґрунті A' по табл. А.6. Для липня (VII) величина $A' = 0,19$. Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 19).

21. Визначаємо величину потоку тепла в ґрунті A за формулою (11):

$$A = (0,19) \cdot \frac{19,4 \cdot 10^7}{2} = 1,8 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 20).

22. Розраховуємо чисельник поправки ΔR у вигляді $(P_0 - B_n^* - LE - A)$:

$$(P_0 - B_n^* - LE - A) = (52,6 - 15,5 - 17,5 - 1,8) \cdot 10^7 = 17,8 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 21).

23. Визначаємо поправку ΔR за формулою (9) з урахуванням виразу (10). Чисельник у виразу для ΔR має додатний знак (див. розрахунок 22). Тоді для розрахунку ΔR необхідно значення чисельника поділити на 4. Тобто:

$$\Delta R = \frac{17,8 \cdot 10^7}{4} = 4,5 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 22).

24. Визначаємо величину ефективного випромінювання B^* за формулою (6):

$$B^* = 15,5 \cdot 10^7 + 4,5 \cdot 10^7 = 20,0 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 23).

25. Визначаємо величину радіаційного балансу R за формулою (2):

$$R = 52,6 \cdot 10^7 - 20,0 \cdot 10^7 = 32,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 24).

26. Визначаємо величину турбулентного потоку тепла P за формулою (12):

$$P = 32,6 \cdot 10^7 - 17,5 \cdot 10^7 - 1,8 \cdot 10^7 = 13,3 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2.$$

Записуємо отриманий результат в табл. 2 (пункт 25).

Всі розрахунки зведено в табл. 2, що надана нижче.

Таблиця 2

Результати розрахунків складових радіаційного і теплового балансу

№ п/п	Складові теплового балансу та характеристики	Місяці	
		липень	
1	$(I' + i)_0, \text{ Дж/м}^2$	$94,3 \cdot 10^7$	
2	a	0,40	
3	b	0,38	
4	n	0,53	
5	$(1 - an - bn^2)$	0,68	
6	$(I' + i)_n, \text{ Дж/м}^2$	$64,1 \cdot 10^7$	
7	α	0,18	
8	$(1 - \alpha)$	0,82	
9	$P_0, \text{ Дж/м}^2$	$52,6 \cdot 10^7$	
10	$B_0^*, \text{ Дж/м}^2$	$19,4 \cdot 10^7$	
11	c	0,72	
12	$(1 - cn^2)$	0,80	
13	$B_n^*, \text{ Дж/м}^2$	$15,5 \cdot 10^7$	
14	$E, \text{ кг/м}^2$	70	
15	$L, \text{ Дж/кг}$	$0,25 \cdot 10^7$	
16	$LE, \text{ Дж/м}^2$	$17,5 \cdot 10^7$	
17	$A_t, \text{ }^\circ\text{C}$	25,7	
18	$A_z, \text{ Дж/м}^2$	$19,4 \cdot 10^7$	
19	A'	0,19	

20	$A, \text{Дж/м}^2$	$1,8 \cdot 10^7$	
21	$(P_0 - B_n^* - LE - A), \text{Дж/м}^2$	$17,8 \cdot 10^7$	
22	$\Delta R, \text{Дж/м}^2$	$4,5 \cdot 10^7$	
23	$B^*, \text{Дж/м}^2$	$20,0 \cdot 10^7$	
24	$R, \text{Дж/м}^2$	$32,6 \cdot 10^7$	
25	$P, \text{Дж/м}^2$	$13,3 \cdot 10^7$	

Будуємо схематичне зображення складових теплового балансу LE, A, R, P .

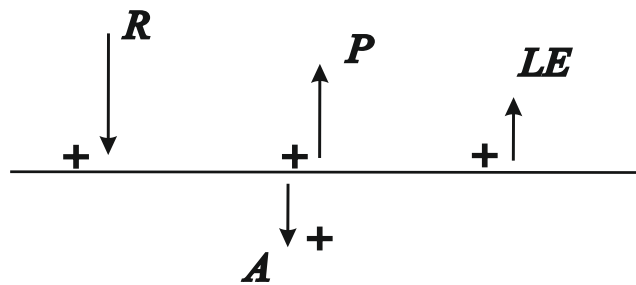


Рис. 2. Напрямки і знаки складових теплового балансу

Аналіз отриманих результатів. Для міста Київ отримано додатний радіаційний баланс R . Це означає, що потік короткохвильової сонячної радіації, яку поглинає земна поверхня (P_0) більше за довгохвильове теплове випромінювання, яке земна поверхня втрачає (B^*), тобто підстильна поверхня нагрівається.

Турбулентний потік тепла P має також додатне значення, тобто для липня характерною є нестійка стратифікація атмосфери, при якій напрямок турбулентного потоку тепла спрямований від підстильної поверхні, що свідчить про прогрів атмосфери за рахунок P .

Потік тепла, що забезпечується фазовими переходами води LE – додатний, його напрямок від підстильної поверхні вгору, тобто підстильна поверхня втрачає тепло і охолоджується за рахунок процесу випаровування.

Потік тепла в ґрунті A – додатний, що є типовим для літнього сезону. Потік тепла спрямовано від підстильної поверхні до глибинних шарів ґрунту. Це означає, що шари ґрунту, які розташовані на глибині, отримують тепло від підстильної поверхні. Тобто підстильна поверхня віддає тепло глибинним шарам і охолоджується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисова С. В., Катеруша Г. П. Метеорологія і кліматологія. Конспект лекцій. Одеса: «Екологія», 2008. 152 с.
2. Метеорологія і кліматологія. Під ред. Степаненка С. М. Одеса, 2008. 533 с.
3. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Клімат України та прикладні аспекти його використання. Навчальний посібник. О.: ТЭС, 2012. 180 с.
4. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Кліматологія: конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 139 с.
5. Трегубова М. В., Недострелова Л. В. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни “Метеорологія і кліматологія (Кліматологія)” для студентів III курсу заочної форми навчання. Напрямок підготовки “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 112 с.
6. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Середні широтні значення коефіцієнта a

φ , град	a	φ , град	a	φ , град	a
0	0,38	30	0,36	60	0,36
5	0,40	35	0,38	65	0,25
10	0,40	40	0,38	70	0,18
15	0,39	45	0,38	75	0,16
20	0,37	50	0,40	80	0,15
25	0,36	55	0,41	85	0,14

Таблиця А.2

Приклад розрахування середнього альбедо α для квітня

№ п/п	Явище	Дата	Розрахування середнього альбедо α
1	Руйнування стійкого снігового покриву	12.04	$0.70 \cdot 11(\text{днів}) = 7.70$ $0.45 \cdot 2(\text{дні}) = 0.90$ $0.18 \cdot 17(\text{дні}) = 3.06$
2	Схід снігового покриву	14.04	Сума добутків – 11.66 Середнє $\alpha = 11.66 : 30$ (днів) $\alpha = 0.39$

Таблиця А.3

Середньоширотні значення коефіцієнта c

φ , град	75	70	65	60	55	50	45	40
c	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
φ , град	35	30	25	20	15	10	5	0
c	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50

Таблиця А.4

Сумарна радіація за умови безхмарного неба $(I' + i)_0 \cdot 10^7$ Дж/м²

Місяць	Широта							
	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°
1	0	0	0	2.9	7.1	12.6	19.7	27.6
2	0	2.5	5.8	10.4	16.3	23.5	31.4	39.4
3	10.5	16.8	24.3	31.9	40.2	48.9	56.6	64.5
4	40.2	46.9	53.2	59.1	64.5	69.5	74.6	79.6
5	75.0	78.4	81.3	84.2	87.1	90.1	92.6	94.7
6	85.1	87.6	89.7	91.8	93.4	95.1	96.4	97.6
7	79.2	82.5	85.1	88.0	90.5	92.6	94.3	95.9
8	45.2	51.5	57.4	63.6	68.7	74.2	78.8	84.2
9	15.1	22.3	29.3	36.9	44.0	51.5	59.5	67.1
10	1.7	7.1	12.6	18.8	25.5	32.3	40.2	48.6
11	0	0.8	1.7	5.4	10.9	17.2	24.3	32.2
12	0	0	0	2.1	5.0	9.6	15.9	23.9

Продовження таблиці А.4

Місяць	Широта							
	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°
1	36.4	45.2	53.2	59.9	64.9	69.5	72.9	75.4
2	48.2	57.0	63.7	69.9	73.3	76.7	79.6	81.7
3	71.2	77.5	81.7	85.1	87.1	88.0	88.0	87.1
4	83.8	87.9	90.5	91.3	91.3	90.5	89.2	87.1
5	95.9	96.4	96.4	95.4	94.7	92.9	88.8	85.5
6	98.5	98.5	98.5	98.0	95.9	93.0	88.8	83.0
7	97.2	97.6	97.6	96.8	95.1	92.6	88.8	84.2
8	88.4	91.3	93.0	93.4	93.0	91.3	88.8	85.9
9	73.7	78.8	83.0	85.9	88.0	88.4	88.4	87.1
10	56.1	63.3	69.1	73.7	77.5	80.4	82.1	83.4
11	40.6	49.4	57.0	62.8	68.3	72.5	75.4	77.9
12	32.3	41.0	47.8	54.9	60.7	65.8	69.5	72.5

Таблиця А.5

Ефективне випромінювання за умови безхмарного неба $B_0^* \cdot 10^7$ Дж/м²

t°, C	Парціальний тиск водяної пари, гПа											
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25
30	31.4	31.0	29.3	28.5	26.8	25.5	24.3	23.0	21.8	20.5	19.3	16.3
25	29.3	28.9	27.6	26.4	25.1	24.3	23.0	21.8	20.5	19.3	18.0	15.1
20	27.2	26.8	25.5	24.7	23.4	22.6	21.3	20.1	19.3	18.0	16.7	14.2
15	25.5	25.1	24.3	23.0	22.2	20.9	20.1	18.8	17.9	16.8	15.9	
10	23.9	23.4	22.6	21.8	20.5	19.7	18.4	17.3	16.8	15.3	14.3	
0	20.5	20.1	19.3	18.8	17.7	17.0	16.2	15.4	14.6	13.8	13.1	
-5	19.3	18.8	18.0	17.1	16.2	15.4	14.5	13.7	12.8	12.0	10.3	
-10	18.0	17.6										
-15	16.3	16.3										
-20	15.1	15.1										

Таблиця А.6

Відносна величина потоку тепла в ґрунті A' ,
що виражена в частках від його суми за теплий і холодний періоди

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A'	-0.23	-0.15	-0.08	0.15	0.23	0.23	0.19	0.12	0.08	-0.12	-0.19	-0.23

Таблиця А.7

Залежність між амплітудами коливань температури повітря і потоку тепла в ґрунті

Річна амплітуда температури повітря, $A_t, ^{\circ}C$	10	15	20	25	30	40	50
Річна амплітуда потоку тепла в ґрунті, $A_2 \cdot 10^7$ Дж/м ²	7.5	11.7	15.5	19.3	23.1	31.0	38.5

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Київ** ($\varphi = 50^{\circ}24'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-5.9	-5.2	-0.4	7.5	14.7	17.8	19.8	18.7	13.9	7.9	1.2	-3.5
Середній бал хмарності	8.0	7.8	7.2	6.4	6.0	5.5	5.3	5.0	5.5	6.6	8.2	8.5
Опади, мм	48	48	50	50	60	76	79	69	50	49	56	50
Парціальний тиск, гПа	3.8	4.0	4.8	7.3	10.4	13.7	15.5	15.0	11.7	8.3	6.3	4.7
Випаровування, мм	8	7	17	19	44	58	70	63	39	19	10	9
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 15.11	Утворення стійкого снігового покриву – 15.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 14.03	Схід снігового покриву – 30.03											

Таблиця Б.2 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Житомир** ($\varphi = 50^{\circ}16'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-5.7	-4.9	-0.4	7.0	13.9	17.0	18.9	17.8	13.1	7.2	1.3	-3.2
Середній бал хмарності	7.9	7.8	7.2	6.5	6.2	5.6	5.3	5.2	5.4	6.5	8.3	8.2
Опади, мм	32	29	31	38	53	66	78	75	50	41	43	34
Парціальний тиск, гПа	4.0	4.2	4.8	7.3	10.3	13.6	15.4	15.0	11.6	8.2	6.4	4.8
Випаровування, мм	4	14	29	47	67	94	104	84	46	24	10	4
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 16.11	Утворення стійкого снігового покриву – 22.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 15.03	Схід снігового покриву – 28.03											

Таблиця Б.3 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Дніпро АМСГ** ($\varphi = 48^{\circ}27'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-6,0	-5,2	-0,3	8,2	15,6	19,0	21,6	20,8	15,2	8,4	1,7	-3,6
Середній бал хмарності	7,7	7,7	7,2	6,1	5,7	4,9	4,0	3,9	4,3	5,9	7,7	8,2
Опади, мм	35	29	31	35	46	65	53	40	30	37	37	39
Парціальний тиск, гПа	4,1	4,2	5,2	7,4	10,2	13,6	15,2	14,3	10,8	8,4	6,6	4,9
Випаровування, мм	6	14	24	43	55	68	66	51	42	22	12	5
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 26.11	Утворення стійкого снігового покриву – 25.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 3.03	Схід снігового покриву – 20.03											

Таблиця Б.4 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Харків обсерваторія** ($\varphi = 49^{\circ}56'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-7,1	-6,7	-1,5	7,6	15,1	18,5	20,5	19,4	13,8	7,0	0,5	-4,7
Середній бал хмарності	8,0	7,9	7,5	6,6	6,0	5,5	4,9	4,8	5,2	6,6	8,0	8,4
Опади, мм	36	30	33	38	48	68	65	51	34	44	42	39
Парціальний тиск, гПа	3,7	3,7	4,8	7,0	10,1	13,3	15,4	14,9	11,0	7,9	6,0	4,4
Випаровування, мм	4	13	28	47	63	93	101	74	38	22	10	4
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 21.11	Утворення стійкого снігового покриву – 17.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 14.03	Схід снігового покриву – 31.03											

Таблиця Б.5 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Полтава** ($\varphi = 49^{\circ}36'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-6,9	-6,4	-1,3	7,6	15,0	18,3	20,6	19,7	14,3	7,4	0,6	-4,5
Середній бал хмарності	7,8	7,9	7,3	6,4	5,9	5,2	4,8	4,6	5,0	6,5	8,0	8,4
Опади, мм	27	24	26	34	45	66	65	54	32	42	36	34
Парціальний тиск, гПа	3,8	3,8	4,8	7,3	10,0	13,4	15,0	14,3	10,8	8,0	6,2	4,6
Випаровування, мм	3	10	28	43	56	75	88	67	43	22	8	2
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 17.11	Утворення стійкого снігового покриву – 22.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 7.03	Схід снігового покриву – 25.03											

Таблиця Б.6 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Кропивницький** ($\varphi = 48^{\circ}32'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-5,9	-4,2	0,0	8,8	15,0	18,8	20,4	19,5	14,6	7,9	2,2	-2,1
Середній бал хмарності	7,5	7,8	7,3	6,6	6,2	5,7	5,0	4,7	5,0	6,0	8,0	8,2
Опади, мм	32	30	30	37	48	66	69	51	38	37	37	38
Парціальний тиск, гПа	3,9	4,1	5,1	7,3	10,3	13,2	14,9	13,9	10,6	8,2	6,6	5,0
Випаровування, мм	4	13	36	54	72	82	76	66	44	29	9	2
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 20.11	Утворення стійкого снігового покриву – 30.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 7.03	Схід снігового покриву – 26.03											

Таблиця Б.7 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Одеса** ($\varphi = 46^{\circ}29'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-2.4	-1.2	2.1	8.4	15.0	19.4	22.0	21.3	16.9	11.3	5.6	0.5
Середній бал хмарності	7.8	7.8	7.2	6.2	5.8	4.9	3.7	3.8	4.1	6.0	7.9	8.2
Опади, мм	34	30	26	30	37	47	39	34	32	35	39	39
Парціальний тиск, гПа	4.9	5.0	5.9	8.4	12.3	15.6	17.1	16.6	13.5	10.2	8.1	6.0
Випаровування, мм	11	16	27	36	62	65	62	54	35	22	18	8
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 9.12	Утворення стійкого снігового покриву –											
Руйнування стійкого снігового покриву –	Схід снігового покриву – 13.03											

Таблиця Б.8 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Херсон (агрометстанція)** ($\varphi = 46^{\circ}40'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-3,2	-2,6	2,2	9,3	16,2	20,0	23,0	21,9	16,8	10,5	4,1	-0,8
Середній бал хмарності	7,7	7,9	7,1	6,2	5,8	5,1	3,9	3,8	4,1	5,7	7,6	8,1
Опади, мм	25	21	20	25	37	46	36	33	25	30	28	28
Парціальний тиск, гПа	4,8	4,9	5,7	7,9	11,4	14,7	16,0	15,2	12,2	9,2	7,8	5,6
Випаровування, мм	11	20	31	44	59	60	57	49	43	26	17	11
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 9.12	Утворення стійкого снігового покриву –											
Руйнування стійкого снігового покриву –	Схід снігового покриву – 12.03											

Таблиця Б.9 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Ялга порт** ($\varphi = 44^{\circ}30'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	4,0	3,8	5,9	10,3	15,6	20,3	23,7	23,5	19,1	14,2	9,3	6,1
Середній бал хмарності	7,5	7,8	7,1	6,2	5,6	4,0	2,7	2,7	3,5	5,2	6,7	7,4
Опади, мм	75	57	46	29	27	42	42	29	30	48	59	76
Парціальний тиск, гПа	6,4	6,4	6,7	9,0	12,6	16,4	18,3	17,9	14,2	11,3	9,6	7,5
Випаровування ,мм	4	14	28	49	81	109	112	84	45	23	9	3
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 9.01	Утворення стійкого снігового покриву –											
Руйнування стійкого снігового покриву –	Схід снігового покриву – 28.02											

Таблиця Б.10 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Ай-Петрі** ($\varphi = 44^{\circ}28'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-3,6	-3,8	-1,0	3,9	9,8	13,0	15,6	15,4	11,2	7,4	2,3	-1,3
Середній бал хмарності	7,2	7,5	6,8	6,2	5,4	4,6	3,2	3,3	3,9	5,4	6,5	7,2
Опади, мм	160	129	92	50	52	73	60	49	49	71	109	158
Парціальний тиск, гПа	4,2	4,2	4,4	6,0	8,4	10,9	12,3	12,0	9,6	7,3	6,1	4,9
Випаровування ,мм	4	14	28	49	81	109	112	84	45	23	9	3
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 11.11	Утворення стійкого снігового покриву – 25.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 25.03	Схід снігового покриву – 13.04											

Таблиця Б.1.1 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Львів** ($\varphi = 49^{\circ} 52'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-4.9	-3.5	0.5	7.6	12.9	16.4	17.6	16.9	13.1	7.6	2.7	-2.1
Середній бал хмарності	7.4	7.6	7.0	6.4	6.3	5.9	5.8	5.5	5.7	6.3	7.9	7.9
Опади, мм	42	43	43	54	71	98	106	85	57	52	48	50
Парціальний тиск, гПа	3.9	4.4	5.2	7.7	10.7	13.7	15.0	14.7	11.9	8.7	6.7	4.9
Випаровування, мм	7	18	39	58	85	94	91	76	47	31	10	4
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 21.11	Утворення стійкого снігового покриву – 15.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 26.02	Схід снігового покриву – 30.03											

Таблиця Б.1.2 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Ужгород** ($\varphi = 48^{\circ} 38'$ пн. ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-3,1	-0,7	4,8	10,0	15,6	18,4	20,5	19,7	15,5	9,7	4,9	0,1
Середній бал хмарності	7,4	7,4	6,4	5,9	6,1	5,9	5,1	5,1	4,9	5,2	7,6	8,0
Опади, мм	54	49	45	50	62	91	78	79	60	62	60	62
Парціальний тиск, гПа	4,5	4,6	5,6	8,4	11,3	14,7	15,8	15,7	12,6	9,0	7,5	5,6
Випаровування, мм	9	19	35	52	95	114	114	89	54	30	15	9
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 9.12	Утворення стійкого снігового покриву – 24.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 17.02	Схід снігового покриву – 10.03											

Таблиця Б.13 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Житомир** ($\varphi = 50^{\circ}16'$ пн.ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-5,7	-4,9	-0,4	7,0	13,9	17,0	18,9	17,8	13,1	7,2	1,3	-3,2
Середній бал хмарності	7,9	7,8	7,2	6,5	6,2	5,6	5,3	5,2	5,4	6,5	8,3	8,2
Опади, мм	32	29	31	38	53	66	78	75	50	41	43	34
Парціальний тиск, гПа	4,0	4,2	4,8	7,3	10,3	13,6	15,4	15,0	11,6	8,2	6,4	4,8
Випаровування, мм	4	14	29	47	67	94	104	84	46	24	10	4
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 16.11	Утворення стійкого снігового покриву – 22.12											
Руйнування стійкого снігового покриву – 15.03	Схід снігового покриву – 28.03											

Таблиця Б.14 – Метеорологічні дані, які використовують при розрахунках складових радіаційного та теплового балансів на станції **Рівне** ($\varphi = 50^{\circ}35'$ пн.ш.)

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середня місячна температура повітря, °С	-5,4	-4,4	0,0	6,9	13,5	16,9	18,5	17,5	13,0	7,4	1,8	-2,6
Середній бал хмарності	7,9	7,9	7,2	6,4	6,2	5,9	5,7	5,6	5,6	6,5	8,4	8,1
Опади, мм	29	29	30	34	52	67	77	72	47	42	40	32
Парціальний тиск, гПа	4,0	4,2	5,1	8,1	11,0	13,7	15,2	15,0	11,6	8,4	6,7	5,0
Випаровування, мм	4	13	28	47	63	93	101	74	38	22	10	4
Середні дати:												
Виникнення снігового покриву – 22.11	Утворення стійкого снігового покриву – 3.01											
Руйнування стійкого снігового покриву – 7.03	Схід снігового покриву – 31.03											

Навчальне видання

МЕТЕОРОЛОГІЯ І КЛІМАТОЛОГІЯ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичної роботи за темою
«Розрахунок складових теплового балансу»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності Е2 Екологія

Електронне практичне видання

Укладач:

Недострелова Лариса Василівна

В авторській редакції

Затвердж. авт. 09.06.2025. Шрифт Times New Roman.
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням
для читання файлів формату PDF.
Обсяг 2,1 МБ. Зам. № 2969.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
вул. Університетська, 12, м. Одеса, 65082, Україна
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua