

**ЛЯШЕНКО Г.В.**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ  
РЕСУРСІВ ТА РАЙОНУВАННЯ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЛЯШЕНКО Г.В.**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ  
РЕСУРСІВ ТА РАЙОНУВАННЯ**

**Затверджено вченою радою Одеського державного  
екологічного університету Міністерства освіти і науки України як  
навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за спеціальністю  
«Науки про землю» (протокол №8 від 24.09.2014р.)**

**Одеса 2016**

**ББК 42:65.9(2) 325.1**

**Л 99**

**УДК 635:551.582.3**

**Друкується за рішенням вченої ради Одеського державного екологічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол №9 від 29.10.2015р.)**

**Ляшенко Г.В.**

Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування.

[навчальний посібник] / Г.В.Ляшенко; МОН України; Одеський державний екологічний університет. – Одеса: - 2016. – 120 с.

У навчальному посібнику розглядаються методи оцінки агрокліматичних ресурсів у діяльному шарі та їх просторового перерозподілу під впливом неоднорідної підстильної поверхні (елементів рельєфу, пістрявості ґрунтового і рослинного покриву), методи різномасштабного агрокліматичного районування територій та картографування агрокліматичних показників. Значна увага приділена методам оцінки біокліматичного потенціалу і бонітету клімату.

**Рецензенти:**

**Михайлюк В.І., доктор географічних наук, завідувач кафедри земельного кадастру Одеського державного аграрного університету, професор**

**Хохлов В.М., проректор з навчально-методичної роботи, доктор географічних наук, професор кафедри теоретичної метеорології та метеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету**

© Ляшенко Г.В., 2016

© Одеський державний екологічний університет, 2016

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
ВСТУП.....	6
1 АГРОКЛІМАТИЧНІ РЕСУРСИ ДІЯЛЬНОГО ШАРУ.....	7
1.1 Поняття про діяльний шар та його гідротермічний режим.....	7
1.2 Показники агрокліматичних умов діяльного шару.....	8
1.3 Методи розрахунку температури діяльного шару.....	9
1.4 Оцінка теплових ресурсів ґрунтів як частини діяльного шару.....	9
2 ПРОСТОРОВИЙ ПЕРЕРОЗПОДІЛ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДСТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ .....	24
2.1 Основні поняття про мікроклімат.....	25
2.2 Фізичні закономірності формування мікроклімату.....	25
2.3 Просторовий перерозподіл температури діяльного шару.....	26
2.4 Просторова мінливість термічного режиму ґрунту в умовах горбистого рельєфу.....	33
3 БІОКЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТЕРИТОРІЙ.....	36
4 ФІТОКЛІМАТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПОЛІВ.....	53
4.1 Особливості переносу сонячної радіації в рослинному покриві.....	54
4.2 Вплив архітекτονіки різних рослин на складові теплового балансу.....	56
4.3 Фітокліматична мінливість вітрового потоку, температури і вологості повітря.....	63
4.4 Особливості режиму зволоження ґрунту на сільськогосподарських полях.....	68
4.5 Тепловий баланс і мікрокліматична мінливість термічного режиму рослин.....	72
5 АГРОКЛІМАТИЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ.....	78
5.1 Методи загального агрокліматичного районування територій.....	80
5.2 Методи спеціалізованого агрокліматичного районування.....	89
5.3 Агрокліматичне районування територій з неоднорідною підстильною поверхнею.....	95
5.4 Тематичне та комплексне картографування агрокліматичних ресурсів.....	100
Іменний показчик.....	
Предметний показчик.....	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	117

## ПЕРЕДМОВА

Агрокліматичні ресурси територій є визначальними при розміщенні різних сільськогосподарських галузей в розрізі країн і окремих природно-економічних регіонів взагалі і окремих сільськогосподарських культур в межах окремих адміністративних областей, районів та окремих господарств зокрема, а також при плануванні систем агротехнічних заходів, в т.ч., способів обробітку ґрунтів, заходів захисту сільськогосподарських культур від шкідників і хвороб тощо.

На теперішній час накопичено значний досвід використання агрокліматичної інформації в сільськогосподарському виробництві. Найбільшого застосування набули агрокліматичні довідники, в яких міститься необхідна інформація щодо агрокліматичних ресурсів територій, одержана шляхом статистичної обробки результатів стандартних спостережень мережі метеорологічних та агрометеорологічних станцій і постів країн за певний проміжок часу. Незважаючи на безсумнівну їх цінність, часто цієї інформації недостатньо для пояснення відхилення реакцій культурних рослин на температурно-вологісний режим та режим освітлення від очікуваного. Такі явища потребують поглибленого вивчення агрокліматичних умов, які можуть спостерігатися у діяльному шарі та під впливом неоднорідностей підстильної поверхні.

Агрокліматичні дослідження у цьому напрямку проводилися з середини минулого століття і стосувалися вони вивчення фітотемператури в рослинному покриві та мезо- і мікроклімату. Перший напрям пов'язаний з дослідженнями, присвяченими вивченню агрокліматичних умов в рослинному покриві, а другий – з дослідженнями закономірностей формування агрокліматичних умов на територіях з різними типами і формами рельєфу, типами та гранулометричним складом ґрунту тощо. Важливість таких досліджень очевидна, особливо при формуванні нових земельних відношень, в т.ч. формуванні дрібних фермерських господарств. Залишаються важливими й методи агрокліматичного районування територій та складання карт як можливості наочного представлення інформації про агрокліматичні ресурси. І, безумовно, значне практичне значення можуть мати результати досліджень присвячених оцінці впливу агрокліматичних умов на формування врожайності сільськогосподарських культур, які в агрокліматології сформувалися як напрямок досліджень біокліматичного потенціалу і бонітету клімату. Саме ці питання розглядаються в цьому навчальному посібнику.

Навчальний посібник розроблено у відповідності із затвердженою

програмою дисципліни «Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування», яка викладається магістрам Одеського державного екологічного університету за фахом «Агрометеорологія», «Агроекологія» і спрямовано на надання допомоги магістрам при вивченні теоретичного курсу та виконанні практичних робіт з дисципліни.

Автор висловлює щирі подяки рецензентам – завідувачу кафедри земельного кадастру Одеського державного аграрного університету, доктору географічних наук, професору Михайлюку В.І. і проректору з навчально-методичної роботи Одеського державного екологічного університету, доктору географічних наук, професору Хохлову В.М.

## ВСТУП

*Метою* дисципліни «Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування» є поглиблене вивчення теоретичних основ сучасних методів оцінки агрокліматичних ресурсів та районування територій в різному масштабі просторового та часового осереднення.

В задачі дисципліни входить вивчення агрокліматичних показників, які здатні відбивати забезпеченість сільськогосподарських рослин ресурсами світла, тепла і вологи у діяльному шарі (грунт - повітря) і яким притаманна значна чутливість до природної неоднорідності підстильної поверхні (елементів рельєфу, характеристик ґрунтового покриву, розмірів водойм та відстані до них); підходів і методів загального і спеціалізованого агрокліматичного районування територій та картографування агрокліматичних показників в макро-, мезо- і мікро масштабі. Оцінки продуктивності сільськогосподарських культур в умовах неоднорідної підстильної поверхні.

Дисципліна "Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування" спирається на знання, здобуті при вивченні кліматології, вищої математики, геоморфології, біології, ґрунтознавства, сільськогосподарської метеорології, агрокліматології, мікрокліматології, картографії. Набуті знання з цієї дисципліни у подальшому будуть використані при проведенні наукових досліджень, направлених на деталізацію агрокліматичних ресурсів територій на регіональному та локальному рівні з метою вирішення проблеми оптимізації розміщення сільськогосподарських культур.

# 1 АГРОКЛІМАТИЧНІ РЕСУРСИ ДІЯЛЬНОГО ШАРУ

При детальній оцінці термічного режиму, теплових ресурсів територій і теплозабезпеченості культур традиційно застосовують такі показники як середньодобову, мінімальну і максимальну температуру повітря, які визначаються у психрометричній будці на рівні 2м зі своєрідним повітрообміном. Між тим, рослина впродовж свого розвитку знаходиться в умовах, які відрізняються від умов у будці. Насамперед, це радіаційний нагрів поверхні рослин вдень і їх вихолоджування вночі внаслідок радіаційного випромінювання, а також своєрідний повітрообмін впродовж доби і сезонів року. Вказане свідчить про необхідність при детальній оцінці термічного режиму і теплових ресурсів територій та теплозабезпеченості рослин уточнення традиційної метеорологічної та агрометеорологічної інформації шляхом введення нових показників.

## 1.1 Поняття про діяльний шар та його гідротермічний режим

В якості таких показників можна розглядати температуру діяльної поверхні або діяльного шару. Згідно із Воєйковим О. І., діяльна поверхня – це така поверхня, яка сприймає й відбиває енергію і є чинником температурних коливань навколишніх шарів повітря й ґрунту. Тобто, в якості діяльної поверхні розглядається будь-яка поверхня (ґрунту, водна, рослинна), яка безпосередньо поглинає сонячну й атмосферну радіацію та віддає її у вигляді випромінювання в атмосферу, тим самим регулюючи термічний режим приземних шарів повітря й ґрунту.

Сонячна енергія, поглинена поверхнею ґрунту і рослини, витрачається, в основному, на сумарне випаровування та теплообмін підстильної поверхні з навколишнім повітрям і поверхневими шарами ґрунту. Рослинний покрив характеризується певним режимом сонячного тепла, який і визначає його термічний режим. Вдень за додатного радіаційного балансу і за витрат тепла на випаровування, менших від радіаційного балансу ( $LE < R$ ), різниця температури рослини і повітря ( $T_p - T_n$ ) завжди додатна. Причому, чим менше тепла витрачається на випаровування, тим більша, за інших рівних умов, ця різниця. Вночі ж за від'ємного радіаційного балансу ( $R$ ), за рахунок витрати тепла через випромінювання, діяльна поверхня (рослин або ґрунту) стає холоднішою ніж повітря.



## 1.2 Показники агрокліматичних умов діяльного шару

В останні десятиріччя запропоновано декілька показників, які визначають вимоги рослин до тепла і пов'язані з механізмами фото - і термоперіодизму, притаманними усім процесам життєдіяльності рослин. Це, насамперед, такі показники, як добова амплітуда температур, денна і нічна температури, їх суми, різниця денних і нічних температур, температура діяльного шару та її сума.

Температуру діяльного шару запропоновано розраховувати із застосуванням рівняння теплового балансу за різницею між температурою зімкненого рослинного покриву і температурою повітря:

$$T_w - T = \frac{Ro - LE - B}{\rho \cdot c_p \cdot Dd + 4\delta \cdot \sigma \cdot T^4}, \quad (1.1)$$

де  $T_w, T$  - температура зімкненого рослинного покриву;

$Ro, LE, B$  - радіаційний баланс, витрати тепла на випаровування і теплообмін у ґрунті;

$\rho, c_p, Dd$  - густина і питома теплоємність повітря за сталого тиску і коефіцієнт зовнішньої дифузії;

$\delta, \sigma, T$  - стала Стефана-Больцмана, коефіцієнт сірості поверхні і температура повітря.

Введення нових показників для оцінки теплозабезпеченості і сільськогосподарської оцінки клімату – суми денних ( $\sum T_{wдн}$ ) та нічних ( $\sum T_{wn}$ ) температур підстильної поверхні за період з  $T_{дн}$  і  $T_n$  вище 10 °C дозволяє розкрити реально існуючу в природі строкатість теплових ресурсів, що виникає на рівні діяльної поверхні за рахунок різних форм рельєфу, експозиції і крутості схилів.

В поточний період накопичена значна кількість експериментального матеріалу щодо температури різних типів діяльної поверхні, в тому числі, з температури самих рослин. Матеріали містять інформацію, одержану за допомогою наземних засобів спостережень та із застосуванням дистанційних методів - теплової аерокосмічної зйомки (тепловізори). Аналіз інформації свідчить про те, що добовий хід температури діяльної поверхні й конкретних рослин, як правило, не збігається з добовим ходом температури повітря. Вдень температура відкритих сонцю листків рослин вища від температури навколишнього повітря. Найбільший перегрів рослин спостерігається в ясні дні зі слабким вітром. Листки рослин, які орієнтовані перпендикулярно до сонячних променів, можуть бути на 5 - 15 °C теплішими за повітря на

рівні будки. Вночі різниця температури “діяльна поверхня – повітря”, “листок – повітря” згладжується й змінює знак. За радіаційного вихолодження в ясні тихі ночі зовнішні листки й стебла рослин стають холоднішими за повітря на рівні будки не більше ніж на 1,5 - 3<sup>0</sup>С. Виявлена різниця в добовому ході температури діяльної поверхні й повітря сильно згладжується в середніх добових температурах, які не відбивають дійсної картини кількісних співвідношень цих температур вдень і вночі.

Своєрідний добовий хід різниці температур “листок – повітря” і “грунт – повітря” тісно пов'язаний з особливостями теплового балансу. Детальний аналіз різниці денної і нічної температури для різних типів діяльної поверхні вдень і вночі виявив такі особливості:

- температура діяльної поверхні вдень внаслідок радіаційного нагріву порівняно з середньою денною температурою повітря досягає 5-8<sup>0</sup>С в умовах надмірного зволоження і до 23<sup>0</sup>С – за недостатнього зволоження (в посушливій і сухій зонах);
- в нічні години різниця між нічними температурами діяльної поверхні (частіше, листя і стебла рослин) і температурою повітря на рівні будки зменшується за абсолютною висотою і має мінусовий знак.

### 1.3 Методи розрахунку температури діяльного шару

Розрахунок сум температур діяльної поверхні вдень і вночі  
3. А. Міщенко запропоновано виконувати за формулами:

$$\Sigma T_{\text{вдн}} = \Sigma T_{\text{дн}} + [(T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}) \cdot N_1 + (T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}) \cdot N_2 + \dots + (T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}) \cdot N_6], \quad (1.2)$$

$$\Sigma T_{\text{вн}} = \Sigma T_{\text{н}} + [(T_{\text{вн}} - T_{\text{н}}) \cdot N_1 + (T_{\text{вн}} - T_{\text{н}}) \cdot N_2 + \dots + (T_{\text{вн}} - T_{\text{н}}) \cdot N_6], \quad (1.3)$$

де  $T_{\text{дн}}$ ,  $T_{\text{н}}$  – середня денна та нічна температури повітря;

- $(T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}})$  – денна температура діяльної поверхні (радіаційний нагрів діяльної поверхні) на рівному місці;
- $(T_{\text{вн}} - T_{\text{н}})$  – нічна температура діяльної поверхні (радіаційне вихолодження) на рівному місці.

Усереднені різниці температури діяльної поверхні і повітря для двох зон зволоження (посушливої і достатнього зволоження) в весняно-літні місяці представлені в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Різниця температури діяльної поверхні (листка) ( $T_{\text{ВДН}}$ ,  $T_{\text{ВН}}$ ) і температури повітря у психрометричній будці ( $T_{\text{ДН}}$ ,  $T_{\text{Н}}$ ) вдень і вночі

Різниця температур	Місяці			
	V	VI	VII	VIII
Посушлива зона				
$(T_{\text{ВДН}} - T_{\text{ДН}})$	6-8	9-14	15-23	10-2
$(T_{\text{ВН}} - T_{\text{Н}})$	-3, -5	-6, -8	-9, -16	-10, -15
Зона достатнього зволоження				
$(T_{\text{ВДН}} - T_{\text{ДН}})$	4-6	7-9	10-14	8-10
$(T_{\text{ВН}} - T_{\text{Н}})$	-1, -3	-4, -6	-7, -10	-6, -8

#### 1.4 Оцінка теплових ресурсів ґрунтів як частини діяльного шару

Зацікавленість сільського господарства в детальній агрокліматичній інформації визначає необхідність врахування особливостей клімату ґрунтів. До важливих характеристик відносяться ті показники, які відбивають особливості теплового режиму ґрунтів.

Як елемент ґрунтового клімату температура ґрунту залежить від температури повітря і, безпосередньо, від властивостей ґрунту. Ґрунт, як один із основних компонентів природного середовища, є дуже неоднорідним за своїм складом і властивостями навіть в межах невеликих площ. За генетичними ознаками і фізичними властивостями ґрунти поділяються на мінеральні і торф'яні. Важливими морфологічними ознаками мінеральних ґрунтів є структурність, щільність, механічний склад.

Механічний склад ґрунту є однією із важливих ознак для якісної оцінки земель, у зв'язку з чим він має агрокліматичне значення. Серед безлічі класифікацій ґрунтів за механічним складом широкого застосування набула класифікація, запропонована М.О. Качинським, згідно із якою вони поділяються на глинисті, суглинисті, супіщані, піщані. Глинисті ґрунти виділені в групу важкого механічного складу. Їх несприятливі водні властивості (висока вологоємність за малої вологопроникності) впливають на інші умови фізичного режиму. Ці ґрунти характеризуються також слабкою вологопроникністю та нестатком повітря, підвищеною щільністю, що ускладнює їх обробіток. За умовами термічного режиму глинисті ґрунти відносять до категорії холодних. Разом з тим, вони містять багато поживних речовин.

Дослідженням з мікроклімату і клімату ґрунтів приділяється особлива увага, так як відзначається їх значна просторова мінливість. Бувають випадки, коли не тільки на сусідніх полях, але навіть в межах одного поля

поряд з теплими і сухими ґрунтами розташовані вологі і холодні. В зв'язку з цим велике значення надається встановленню основних закономірностей мінливості теплофізичних характеристик і термічного режиму в залежності від строкатості ґрунтового покриву. Із найбільш відомих досліджень в цьому напрямку є роботи Архипової О.П., Гольцберг І.А., Горишиної Н.Г., Інта Л.Є., Карінга П.Г., Шульгіна А.М. Матеріали експериментальних досліджень підтвердили гіпотезу щодо збільшення об'ємної теплоємності торф'яних ґрунтів порівняно з мінеральними: на торф'яних ґрунтах вона приблизно в 1,5-2,0 рази вища ніж на мінеральних (0,6-0,8 і 0,4-0,5 кал·см<sup>-3</sup>).

Постановка і розробка ряду питань температурного режиму в агрокліматології належить П.І.Колоскову та О.М. Шульгіну. Колосков П.І. вперше сформулював предмет ґрунтової кліматології, елементи клімату ґрунтів та основні задачі. Пізніше О.М.Шульгін систематизував та узагальнив результати досліджень з клімату ґрунтів.

Порівняно із глинистими у суглинистих ґрунтів водно-фізичні властивості більш сприятливі. При задовільній вологопроникності ці ґрунти здатні утримувати воду, мають кращу структуру, містять достатню кількість повітря. Теплові ресурси суглинистих ґрунтів близькі до нормальних. Суглинки багаті на поживні речовини. У зв'язку з цим в агрономічному відношенні їх вважають найкращими. Супіщані ґрунти відносять до групи легкого механічного складу. За достатньої вологопроникності вони характеризуються незначною вологоємністю, містять багато повітря, а за умовами термічного режиму – це теплі ґрунти. Завдяки вказаним властивостям ґрунту в них відбувається більш інтенсивне і швидке утворення гумусу, але спостерігається також і його швидке вимивання із орного шару. Ефективне використання таких ґрунтів в сільському господарстві потребує застосування спеціальних технологічних прийомів.

Піщані ґрунти характеризуються деякими негативними властивостями. Вони відрізняються підвищеною вологопроникністю за поганої вологоємності. Тому їх відносять до сухих з великою місткістю повітря. За умовами термічного режиму піщані ґрунти відносяться до категорії найбільш теплих. Вони легкі для обробітки і для північних регіонів є дуже цінними ґрунтами. В інших регіонах сільськогосподарська експлуатація вимагає застосування спеціальних технологічних прийомів.

Відомості про гранулометричний склад ґрунту дозволяють правильно оцінити можливості його виробничої експлуатації. В практиці сільського господарства гранулометричний склад ґрунту розглядають як ознаку стійкого показника агрофізичних властивостей. Від нього залежать водні властивості – вологоємність і вологопроникність. Було встановлено, що різноманітність фізичних і морфологічних особливостей ґрунту визначає умови формування його теплового стану. Таким чином, температуру

грунту треба розглядати як інтегральний показник безлічі впливових факторів і яка характеризує його тепловий стан. До таких факторів, перед усім, відносять величину сонячної радіації, яка надходить на поверхню ґрунту, та здатність ґрунту до її трансформації. В умовах місцевості з горбкуватим рельєфом надходження сонячної радіації значно залежить від експозиції й крутості схилів, а також від особливостей форм мікрорельєфу. Надходження тепла у ґрунт залежить від його відбивної властивості, яка становить 1/3 – 1/12 частину від величини сонячної радіації, яка надходить. Відбивна здатність ґрунту визначається станом його верхнього горизонту: кольором, структурним станом, ступенем обробітку.

Здатність ґрунту до трансформації сонячного тепла залежить від величин, відомих як основні теплофізичні показники: об'ємна теплоємність і коефіцієнт теплопровідності. Об'ємна теплоємність ( $C_{\Pi}$ ) характеризує зміну температури ґрунту при його прогріванні або охолодженні. Об'ємна теплоємність пов'язана з питомою теплоємністю ( $C_p$ ) і щільністю ( $P_{\Pi}$ ) таким співвідношенням:

$$C_{\Pi} = C_p / P_{\Pi} \quad . \quad (1.4)$$

Ступінь провідності тепла того або іншого ґрунту характеризує коефіцієнт теплопровідності ( $\lambda$ ). Як показав аналіз експериментальних даних, із зростанням вологості підзолистого ґрунту від 10 до 20-30% коефіцієнт температуропровідності збільшується в 1,5-2,0 рази, а об'ємна теплоємність - в 4 рази і більше.

Коефіцієнт температуропровідності  $\alpha_{\Pi}$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$ , коефіцієнт тепловикористання  $\sqrt{\alpha_{\Pi} \cdot \lambda}$  і об'ємна теплоємність  $C_{\Pi}$  визначаються вологістю і щільністю ґрунту. Причому, залежність цих характеристик від вологості ґрунту досить складна і нелінійна. Із збільшенням щільності ґрунту основні теплофізичні характеристики зростають лінійно. Коефіцієнт температуропровідності, коефіцієнт теплопровідності і об'ємна теплоємність пов'язані таким співвідношенням:

$$\alpha_{\Pi} = \frac{\lambda}{C_{\Pi}} \quad . \quad (1.5)$$

Згідно із цим співвідношенням стає зрозумілою неоднозначність залежності температуропровідності від вологості ґрунту. Чим менше води у ґрунті, тим більший вміст повітря у порах між частинками і тим гірший контакт між окремими зернами ґрунту. А із збільшенням вмісту води зростає можливість передачі тепла кондуктивним теплообміном через тонку водну плівку, яка оточує частинки ґрунту. Величина теплопровідності буде найбільшою для твердої фази ґрунту, потім для

води, а найменша для повітря. Дуже важливо відзначити, що як у різних типів, так і у однакових типів, але з різною щільністю, ґрунтів і числові значення, і характер мінливості теплофізичних показників буде різним.

Основними показниками теплового режиму ґрунтів є середня, максимальна і мінімальна температура на різних глибинах, в першу чергу, в орному шарі ( $T_r$ ), дати переходу температури ґрунту через 5 і 10 °С весною та восени ( $D_{вп}$ ,  $D_{оп}$ ), тривалість періодів з цими температурами ( $N_r$ ) і суми температур ( $\sum T_r > 10$  °С,  $\sum T_r > 15$  °С). Не менше значення мають дослідження добового ходу температури ґрунту та мікрокліматичної мінливості показників термічного режиму на різній глибині. Спостерігається збільшення добової амплітуди температури ґрунту на піщаних і супіщаних ґрунтах порівняно з глинистими.

О.П. Архіпова досліджувала мікрокліматичну мінливість термічного режиму ґрунтів в горбкуватому рельєфі. Нею було виявлено, що температура орного шару ґрунту весною після сходу снігового покриву буде майже однаковою. Влітку на північних схилах вона буде вищою, ніж на південних у випадку, коли північні схили характеризуються ґрунтом легкого гранулометричного складу, а південні - важкого. У випадку ж, коли південні схили характеризуються піщаними ґрунтами, а північні – суглинистими, температура орного шару останніх буде значно нижчою, ніж за однакового гранулометричного складу. Східні і західні схили займають проміжне положення між північними і південними, причому, західні тепліші від східних, тому що на останніх частина тепла в ранкові години витрачається на випаровування роси.

Основною причиною такої закономірності Архіпова О.П. називає різну теплоємність і теплопровідність легких й важких ґрунтів. Таким чином, мінливість теплофізичних характеристик ґрунту в залежності від його типу та гранулометричного складу зумовлює мікрокліматичну мінливість показників теплового режиму ґрунтів. Наприклад, на території Естонії середня місячна температура піщаних ґрунтів в червні на 6-7 °С вища, ніж температура неосушених торф'яників. Різниця температури піщаних і глинистих ґрунтів досягає 3-4 °С, а неосушених і осушених торф'яників – 5 °С.

В 50-60-ті роки ХХ ст. були проведені експериментальні дослідження мікрокліматичної мінливості температури ґрунту в різних регіонах СРСР – в Центральних Чорноземних районах, Нечорнозем'ї, країнах Балтії, Білорусії, Казахстані та в Західному і Східному Сибіру. Одержані дані свідчили про значну мікрокліматичну мінливість термічного режиму різних за гранулометричним складом ґрунтів під впливом місцеположення в складному рельєфі. Вперше було виявлено неоднозначність мінливості температури різних ґрунтів як впродовж року і теплового періоду, так і впродовж доби. В ці ж роки були одержані дані про мінливість показників термічного режиму ґрунту під впливом виду рослинності та їх

архітектоніки.

Горишина Н.Г. на основі узагальнення експериментальних матеріалів з терміки ґрунтів і агрокліматичних розрахунків розробила схему мікрокліматичної мінливості показників теплового режиму для північного заходу Росії. Так, наприклад, дати переходу температури ґрунту на глибині 20см через 5 та 10 °С на піщаних ґрунтах порівняно з середньо суглинистими ґрунтами спостерігаються відповідно на 8 і 12 днів раніше, на легкосуглинистих - на 3 і 5 днів раніше, на глинистих і важкосуглинистих – на 3 і 5 днів пізніше, на торф'яних осушених – на 10 і 14 днів пізніше, а на торф'яних неосушених – на 9 і 23 днів пізніше порівняно із середнім суглинком (табл.1.2). Різниця в тривалості періоду з температурами ґрунту вище 10 °С становить між піщаним і торф'яним неосушеним ґрунтами 30 днів, між піщаним і глинистим – 36 днів. Діапазон різниці сум температур ( $\sum T_{\Gamma} > 10^{\circ}\text{C}$ ) за цей період між піщаними і глинистими ґрунтами становить 500-550 °С, а між піщаними і неосушеними торф'яниками – більше 800 °С. Простежується також значна різниця температури цих ґрунтів впродовж теплового періоду (рис.1.1). Наочно видно, що весною і восени мікрокліматична різниця  $T_{\Gamma}$  за рахунок механічного складу ґрунту не перевищує 2-4 °С, а влітку вона збільшується до 6-7 °С. Найтеплішими бувають піщані й супіщані ґрунти, а холоднішими – важко суглинисті й глинисті.

Оцінка мікрокліматичної мінливості теплового режиму ґрунту виконується за допомогою мікрокліматичних параметрів у вигляді  $\Delta T_{\Gamma}$ ,  $\Delta N_{\Gamma}$ ,  $\Delta \sum T_{\Gamma}$ ,  $\Delta D_{\text{в}}$ ,  $\Delta D_{\text{о}}$ . Вони характеризують відхилення значень термічних показників ґрунтів різного типу і механічного складу порівняно із значенням цих показників для середньосуглинистих ґрунтів. Їх розрахунок виконується за простими формулами вигляду:

$$\Delta D_{\text{в}}' = D_{\text{в}}' - D_{\text{в}}, \quad \Delta D_{\text{о}}' = D_{\text{о}}' - D_{\text{о}}, \quad (1.6)$$

$$\Delta T_{\Gamma}' = T_{\Gamma}' - T_{\Gamma}, \quad \Delta \sum T_{\Gamma}' = \sum T_{\Gamma}' - \sum T_{\Gamma} \quad (1.7)$$

$$\Delta N_{\Gamma}' = N_{\Gamma}' - N_{\Gamma}, \quad (1.8)$$

де  $D_{\text{в}}'$ ,  $D_{\text{о}}'$ ,  $T_{\Gamma}'$ ,  $N_{\Gamma}'$ ,  $\sum T_{\Gamma}'$  - відповідно дати переходу температури ґрунту через 10 °С весною і восени, температура ґрунту, тривалість періоду з температурами ґрунту вище 10 °С, сума температур за теплий період для ґрунтів з різним механічним складом на глибині 5, 10 і 20 см;

$D_{\text{в}}$ ,  $D_{\text{о}}$ ,  $T_{\Gamma}$ ,  $N_{\Gamma}$ ,  $\sum T_{\Gamma}$  - ті ж показники для середньосуглинистих ґрунтів на глибині 5, 10 і 20 см;

Таблиця 1.2 – Мікрокліматична мінливість показників теплового режиму різних за типом та гранулометричним складом ґрунтів порівняно з середнім суглинком

Характеристика ґрунту	Температура ґрунту ( $T_{\text{г}}$ , °C) за		Дати переходу середньої добової температури ґрунту ( $D_{\text{в}}$ , $D_{\text{о}}$ , дні) через		Сума температур вище 10 °C ( $\Sigma T_{\text{г}}$ )	Тривалість періоду (в днях) з температурою ґрунту вище 10 °C ( $N_{\text{г}}$ )
	травень	червень	5 °C	10 °C		
Піщані	2,0	2,8	-8	-12	340	25
Супіщані	1,6	2,3	-6	-9	290	22
Легкосуглинисті	0,8	1,2	-3	-5	140	14
Середньосуглинисті	0	0	0	0	0	0
Важкосуглинисті, глинисті	-0,9	-1,5	3	5	-150	-10
Торф'яні, осушені	-2,0	-1,7	10	14	-100	-5
Торф'яні, неосушені	-30	-3,7	9	23	-500	-20

Примітка. Знак “плюс” – збільшення, а знак “мінус” – зменшення величини показників порівняно з середнім суглинком. Глибина 20 см



$T_{\Gamma}, ^\circ\text{C}$

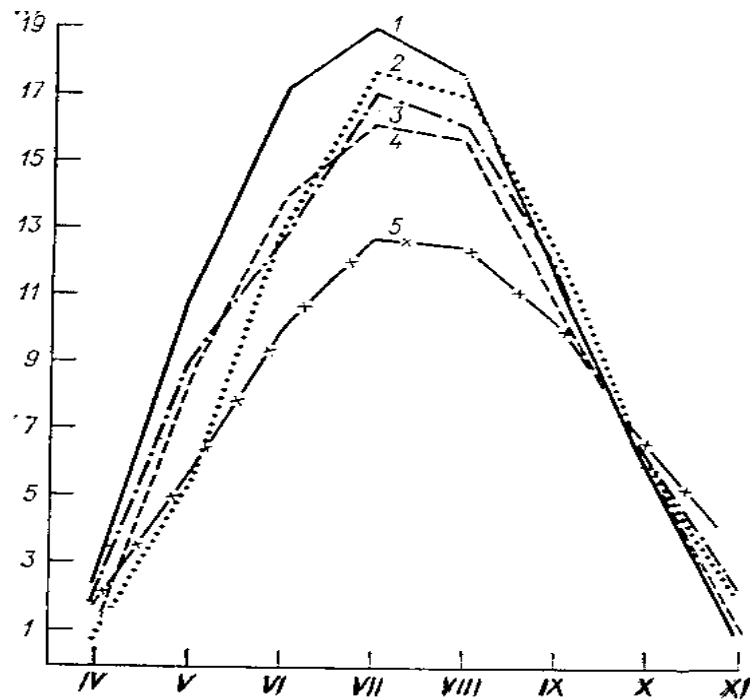


Рисунок 1.1 – Мінливість середніх місячних температур повітря на різних ґрунтах за вегетаційний період на ділянці С.-Петербурзької області. Ґрунти: 1 – супіщані; 2 – торф'яні осушені; 3 – перезволожені супіски; 4 – важкосуглинисті; 5 – торф'яні неосушені

$\Delta D_{\text{в}}', \Delta D_{\text{о}}', \Delta T_{\Gamma}', \Delta N_{\Gamma}', \Delta \Sigma T_{\Gamma}'$  - параметри мікрокліматичної мінливості тих же показників.

На основі визначених Горишиною Н.Г. параметрів мікрокліматичної мінливості показників термічного режиму ґрунтів можна дати оцінку термічного режиму ґрунту будь – якого типу або гранулометричного складу за формулами:

$$D_{\text{в}}' = D_{\text{в}} + \Delta D_{\text{в}}', \quad D_{\text{о}}' = D_{\text{о}} + \Delta D_{\text{о}}' \quad (1.9)$$

$$T_{\Gamma}' = T_{\Gamma} + \Delta T_{\Gamma}', \quad \Sigma T_{\Gamma}' = \Sigma T_{\Gamma} + \Delta \Sigma T_{\Gamma}', \quad (1.10)$$

$$N_{\Gamma}' = N_{\Gamma} + \Delta N_{\Gamma}', \quad (1.11)$$

Між тим, треба відзначити, що величина мікрокліматичних параметрів може значно змінюватися в залежності від фізико-географічного району та особливостей ґрунтового покриву. На сьогоднішній день далеко не в усіх регіонах СНД проведено дослідження мікроклімату ґрунтів і визначено мікрокліматичні параметри з подальшим їх використанням для регіональної оцінки теплових ресурсів на обмежених

територіях. Найбільш цікаві дослідження в цьому напрямку виконали стосовно до території Південної Карелії В.С.Клипуто, Білорусії В.С.Щебеко, а також України З.А.Міщенко і Н.В.Кирнасівська. Наприклад, для комплексної оцінки показників ґрунтового клімату З.А.Міщенко і Н.В.Кирнасівська встановили кількісні залежності між показниками термічного режиму повітря і ґрунту:  $\Sigma T_g$  на глибині 10 та 20 см і сумою активних температур повітря за період з температурами вище  $10^{\circ}\text{C}$ , тривалістю періоду з температурою ґрунту вище  $10^{\circ}\text{C}$  на глибині 10 і 20 см ( $N_g$ ) і тривалістю теплого періоду (з температурою повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$ ) для рівнинних земель. Виконано розрахунки відповідних рівнянь залежності, які мають вигляд:

$$\Sigma T_g (10\text{см}) = 1,224 \Sigma T_c - 214,4, \quad (1.12)$$

$$\Sigma T_g (20\text{см}) = 1,18 \Sigma T_c - 173,1, \quad (1.13)$$

$$N_g (10\text{см}) = 1,07 N_c - 3,54, \quad (1.14)$$

$$N_g' (20\text{см}) = 1,125 N_c - 12,77, \quad (1.15)$$

де  $\Sigma T_g (10\text{см})$ ,  $\Sigma T_g (20\text{см})$ ,  $N_g (10\text{см})$ ,  $N_g' (20\text{см})$  – відповідно суми температур ґрунту і тривалість періодів з температурою вище  $10^{\circ}\text{C}$  на глибині 10 і 20 см.

Коефіцієнти кореляції ( $r$ ) становлять 0,93-0,97, що свідчить про досить високу тісноту зв'язку між показниками теплових ресурсів ґрунту і приземного шару повітря. Встановлено також зв'язок і визначено рівняння регресії між тривалістю періоду та сумами температур за період з температурами вище  $10^{\circ}\text{C}$  на поверхні ґрунту і в приземному шарі повітря. Коефіцієнти кореляції також високі – 0,92-0,97.

Далі на фізико-географічній карті України (робочий масштаб 1:1500000) було виділено дев'ять макрорайонів за основним показником – сумою температур ґрунту вище  $10^{\circ}\text{C}$  на глибині 10 см (рис. 1.2). При цьому розглядалися дані окремих станцій, які розташовані на середніх суглинках (саме такий гранулометричний склад ґрунту береться як середні або нормальні умови). До агрокліматичної карти теплових ресурсів ґрунту додається легенда у вигляді табл. 1.3, з якої видно, що значення усіх показників зростають у напрямку із півночі і північного заходу на південь і південний схід країни. Наприклад, суми температури ґрунту на глибині 10 і 20 см ( $\Sigma T_g$ ,  $\Sigma T_g'$ ) в 1-му і 2-му макрорайонах не перевищують 2600-2800 і 2500-2700  $^{\circ}\text{C}$ , а тривалість періоду з температурами ґрунту вище  $10^{\circ}\text{C}$  на глибині 10 і 20 см ( $N_g$ ,  $N_g'$ ) в цих макрорайонах складає 155-161 і 152-158

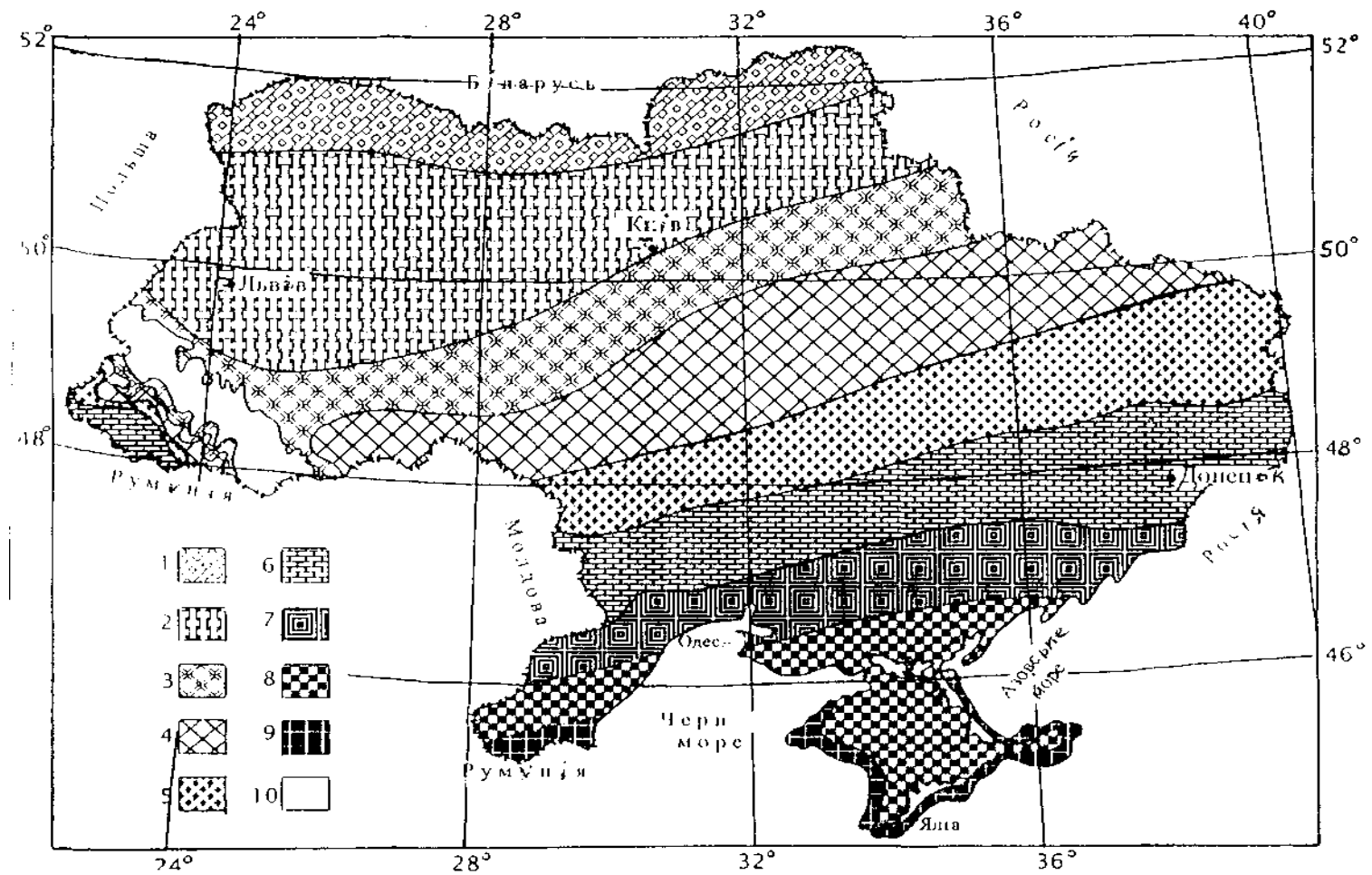


Рисунок 1.2 – Агрокліматичне районування теплових ресурсів ( $\Sigma T_r, N_r$ ) орного шару ґрунту (макрорайони 1-8 див. у табл. 1.3; 9, 10 – гірські райони)

Таблиця 1.3 – Агрокліматична оцінка показників теплових ресурсів ґрунту на глибині 10 і 20 см на території України

Макрорайони	$\Sigma T_{\text{г}}, ^\circ\text{C}$	$N_{\text{г}}, \text{дні}$	$\Sigma T_{\text{г}}', ^\circ\text{C}$	$N_{\text{г}}', \text{дні}$	$\Sigma T_{\text{пг}}, ^\circ\text{C}$	$N_{\text{пг}}, \text{дні}$	$\Sigma T, ^\circ\text{C}$	$N_{\text{тп}}, \text{дні}$
1. Крайній північний, холодний	<2800	<155	<2540	<154	<2750	<155	<2300	<148
2. Північно-західний, відносно холодний	2600-2800	155-161	2540-2735	154-160	2750-2970	155-162	2300-2465	148-154
3. Центральний, прохолодний	2800-3000	161-167	2735-2930	160-166	2970-3190	162-167	2465-2630	154-159
4. Центральний, помірно прохолодний	3000-3200	167-172	2930-3125	166-172	3190-3405	167-172	2630-2795	159-164
5. Центральний, помірно теплий	3200-3400	172-177	3125-3320	172-177	3405-3625	172-178	2795-2960	164-169
6. Центральний, теплий	3400-3600	177-182	3320-3515	177-183	3625-3840	178-183	2960-3125	169-174
7. Південний, теплий	3600-3800	182-188	3515-3710	183-189	3840-4060	183-188	3125-3290	174-179
8. Південний, дуже теплий	3800-4000	188-193	3710-3905	189-195	4060-4280	188-194	3290-3495	179-184
9. Південний, жаркий	4000-4200	193-200	3905-4100	195-197	4280-4470	194-197	3495-3600	184-187

днів. В степових районах півдня України (макрорайони 8 і 9) значення цих показників істотно збільшуються і дорівнюють за  $\sum T_r$ ,  $\sum T_r'$  3800-4000, 4000-4200 °C і 3710-3900, 3900-4100 °C. Збільшується в цих макрорайонах і тривалість теплового періоду у ґрунті на глибині 10 і 20 см - відповідно до 188-193, 193-200 і 189-195, 195-197 днів. Діапазон географічної різниці -  $\Delta \sum T_r$ ,  $\Delta \sum T_r'$ ,  $\Delta N_r$ ,  $\Delta N_r'$  досить значний і складає відповідно 1200-1400 і 1100-1300 °C та 40-45 і 35-40 днів.

На другому етапі було визначено відхилення  $\sum T_r$  від ізоліній на карті для ряду станцій, розташованих на ґрунтах іншого гранулометричного складу. Це дозволило кількісно оцінити мікрокліматичну мінливість  $\sum T_r$  на піщаних (пг), супіщаних (сг), важко суглинистих (всг) і глинистих (гг) ґрунтах за допомогою мікрокліматичних параметрів, які визначалися за формулами вигляду:

$$\Delta \sum T_{лг} = (\sum T_{лг} - \sum T_r), \quad \Delta \sum T_{лсг} = (\sum T_{сг} - \sum T_r), \quad (1.16)$$

$$\Delta \sum T_{всг} = (\sum T_{всг} - \sum T_r), \quad \Delta \sum T_r = \sum T_{лг} - \sum T_r. \quad (1.17)$$

Було встановлено, що  $\sum T_r$  на легких піщаних і супіщаних ґрунтах виявилася на 260-200 і 160 °C меншою, ніж  $\sum T_r$  на середніх суглинках. Ці мікрокліматичні параметри використовувалися для оцінки абсолютних значень теплових ресурсів різних ґрунтів на території України. Усереднена оцінка мікрокліматичної мінливості теплових ресурсів ґрунту на глибині 10 см під впливом механічного складу на рівнинних землях з прив'язкою до макрорайонів, виділених на агрокліматичній карті за  $\sum T_r$  вище 10 °C (рис. 1.2), представлена в табл. 1.4, яка є другою легендою до карти. Наприклад, на півночі України (макрорайон 1) на піщаних ґрунтах  $\sum T_r$  дорівнює 2800-2900 °C, на середніх суглинках вона не перевищує 2600 °C, а на важкосуглинистих ґрунтах вона зменшується до 2300 - 2400 °C. На півдні (макрорайон 9) сума температур ґрунту значно збільшується і дорівнює на піщаних, середньо- і важкосуглинистих ґрунтах відповідно 4300-4500, 4000-4200 і 3800-3900 °C. Діапазон мікрокліматичної мінливості ресурсів тепла за період з температурою вище 10 °C на ґрунтах різного гранулометричного складу на незначній відстані досягає 500 °C, що близько до зональної мінливості на території України.

Одержані результати можуть використовуватися для складання мікрокліматичних карт теплових ресурсів у крупному масштабі різних за гранулометричним складом ґрунтів в межах окремих господарств (за наявності детальної карти ґрунтів) з метою наукового обґрунтування розміщення різних сільськогосподарських культур і проведення диференційованих агротехнічних заходів, в тому числі, строків сівби на рівнинних землях із значною строкатістю ґрунтового покриття.

Таблиця 1.4 – Мікрокліматична мінливість сум температур у ґрунті на глибині 10 см за період з температурою вище 10 °С в різних макрорайонах України

$\Sigma T_r$ Макрорайон	Сума температур у ґрунті					
	пг	спг	лсг	ссг	всг	гг
а) відносно середнього суглинку						
1-9	+260	+200	+160	0	-240	-160
б) абсолютні значення						
1 Крайній північний, холодний	<2860	<2800	<2760	<2600	<2360	<2440
2 Північно-західний, відносно холодний	2860-3060	2800-3000	2760-2960	2600-2800	2360-2560	2440-2640
3 Центральний, прохолодний	3060-3260	3000-3200	2960-3160	2800-3000	2560-2760	2640-2840
4 Центральний, помірно прохолодний	3260-3460	3200-3400	3160-3360	3000-3200	2760-2960	2840-3040
5 Центральний, помірно теплий	3460-3660	3400-3600	3360-3560	3200-3400	2960-3160	3040-3240
6 Центральний, теплий	3660-3860	3600-3800	3560-3760	3400-3600	3160-3360	3240-3440
7 Південний, теплий	3860-4060	3800-4000	3760-3960	3600-3800	3360-3560	3440-3640
8 Південний, дуже теплий	4060-4260	4000-4200	3960-4160	3800-4000	3560-3760	3640-3840
9 Південний, жаркий	4260-4460	4200-4400	4160-4360	4000-4200	3760-3960	3840-4040

## Питання до самоконтролю

1. Назвати показники термічного режиму і теплових ресурсів.
2. Дати визначення «діяльного шару» або «діяльної поверхні».
3. Надати теоретичне обґрунтування різниці температури діяльної поверхні і температури повітря.
4. Охарактеризувати мінливість температури діяльного шару в різних зонах зволоження.
5. Написати формулу розрахунку температури діяльної поверхні.
6. Написати формулу розрахунку сум денних і нічних температур діяльної поверхні за теплий період.

## Список літератури

1. Міщенко З.А. Агрокліматологія. – Одеса: Екологія, 2009. – 546 с.
2. Міщенко З.А., Ляшенко Г.В. Мікрокліматологія. – К.: КНТ, 2007. - 337с.
3. Ляшенко Г.А. Агроклиматическая оценка продуктивности сельскохозяйственных культур в Украине. – Одеса: ННЦ «ИВиВ им.В.Е.Таирова», 2011. - 346с.
4. Романова Е.Н., Мосолова Г.И., Береснева И.А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 245с.
5. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 245с.
6. Методи оцінки і районування мікрокліматичної мінливості радіаційно-теплових ресурсів України для оптимізації розміщення сільськогосподарських культур // Під ред.М.І.Кульбіді, З.А.Міщенко. – Київ: УкрГМЦ, 2004. - 111с.
7. Ляшенко Г.В. Методика оцінки агрокліматичних ресурсів та картографування з врахуванням мікроклімату. – Одеса: ННЦ «ИВиВ им.В.Е.Таирова», 2009. – 68с.

## **2 ПРОСТОРОВИЙ ПЕРЕРОЗПОДІЛ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДСТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ (на прикладі температури діяльної поверхні)**

### **2.1 Основні поняття про мікроклімат**

Мікрокліматологія – це наука про мікроклімат. Вона спирається на знання законів фізики приземного шару повітря, вищої математики, кліматології, агрометеорології, агрокліматології, геоморфології, ґрунтознавства. Формування і мінливість мікроклімату на значних за площею територіях, крім географічних факторів, визначається впливом природних та антропогенних неоднорідностей діяльної поверхні. Геоморфологічний і ландшафтний аналізи території України свідчать про те, що більше 60-80% її площі становить горбистий та гірський рельєф, строкатість ґрунтового покриву. На значних площах проводяться меліоративні заходи (зрошення, осушення тощо). Це обумовлює перерозподіл агрокліматичних ресурсів на малих площах, які є головною причиною азональності в поведінці сільськогосподарських культур. Особливості клімату, які формуються на невеликих площах під впливом неоднорідної діяльної поверхні (форма рельєфу, експозиція і крутість схилів, типи ґрунтів, види рослинних спільнот, осушені та зрошувані землі тощо) носять назву мікроклімату. Він впливає на різні сторони життя органічної природи, в тому числі, на сільськогосподарські культури (темпи росту і розвитку, продуктивність, хімічний склад). Як правило, особливості мікроклімату конкретних сільськогосподарських полів і окремих господарств неможливо визначати за даними спостережень гідрометеорологічної мережі станцій, а необхідні спеціальні спостереження.

Мікрокліматологія як наука сформувалася, насамперед, на запит практики. В цьому полягає своєрідність підходів до вирішення низки завдань, пов'язаних з вивченням мікроклімату та використанням відомостей про нього в практиці окремих галузей господарства. Упродовж багатьох років зусилля спеціалістів були спрямовані на дослідження закономірностей формування мікроклімату і визначення узагальнених кількісних показників просторової мінливості клімату, віднесених до певних місцеположень. Такі показники у вигляді мікрокліматичних параметрів для різних кліматичних зон наводяться в узагальнених монографіях і кліматичних довідниках.

Метою мікрокліматології є кількісна оцінка мезо- і мікрокліматичної мінливості основних показників клімату під впливом неоднорідних діяльних поверхонь для деталізації кліматичних і агрокліматичних ресурсів та районування обмежених територій за ними.



До головних завдань відносяться: розробка нових показників, які в найбільшій мірі відбивають мінливість елементів клімату під впливом неоднорідностей підстильної поверхні; удосконалення методів дослідження для кількісної оцінки мікрокліматичних ресурсів на обмежених територіях, кількісна оцінка впливу мікроклімату на ріст культурних рослин, врожайність і якість продукції для наукового обґрунтування мікрорайонування сільськогосподарських культур в конкретній місцевості, методів спеціального картування мікроклімату в різному масштабі для деталізації агрокліматичних ресурсів в межах адміністративних областей, районів, окремих господарств.

## **2.2 Фізичні закони формування мікрокліматів**

Фізичні закони, згідно з якими відбувається мінливість метеорологічних елементів у приземному шарі повітря і ґрунту, однакові повсюдно, проте кількісний прояв цих законів у різних фізико-географічних і кліматичних умовах відрізняється.

Мікрокліматичні умови у приземному шарі повітря істотно змінюються під впливом антропогенного чинника, тобто внаслідок господарської діяльності людей. Тому самостійне значення має вивчення фітоклімату різних агроценозів, а також методів оцінки мінливості природного мікроклімату під впливом різних меліорацій (водних, теплових, полезахисних, лісорозведення тощо).

Під макрокліматом розуміють кліматичні явища, які визначаються чинниками значного масштабу – загальноциркуляційними процесами, географічною широтою і довготою, гірськими системами, відстанню до океанів. Згідно з визначенням Хромова С.П., макрокліматом можна назвати кліматичні області або зони, які характеризуються багаторічними спостереженнями значної кількості метеорологічних станцій. Мезоклімат або місцевий клімат характеризує кліматичні умови, перехідні за масштабом між макрокліматом і мікрокліматом. Це клімат урочищ, тобто клімат значної складової частини географічного ландшафту, який характеризується спостереженнями однієї метеорологічної станції, розташованої в даному урочищі. Особливості місцевого клімату проявляються у шарі повітря декілька сотень метрів по вертикалі. Горизонтальний масштаб збурення може проявитися до 100 км.

На різних стадіях розвитку мікрокліматології як науки поняття „мікрокліматології” змінювалося. Наприклад, Р. Гейгер та С. А. Сапожнікова дали визначення мікроклімату як клімату нижнього двометрового, шару повітря. Пізніше І.А. Гольцберг дає таке визначення: “Під мікрокліматом треба розуміти клімат незначної території, який формується під впливом неоднорідності рельєфу, рослинності, стану ґрунтів, наявності водоймищ та інших особливостей підстильної поверхні

на суші; це - клімат поля, схилу, пагорбу, осушеного болота, міста тощо”. За С.П. Хромовим: “Мікроклімат – це клімат невеличкої території усередині географічного ландшафту (фації), наприклад, поля, схилу, пагорбку, лісосмуг, берега озера”.

Якщо розглядати мікроклімат з ландшафтних позицій, то він найближче відповідає ландшафту як типологічної категорії, тобто це мікроклімат горбистого рельєфу, а не окремого схилу; мікроклімат окремого господарства, а не окремого поля тощо. Діапазон горизонтальних масштабів збурення, характерних для мікроклімату, коливається в межах від декількох метрів до 10 км, а вертикальних – від декількох метрів до 100-150 м. Виконані за останні 30 років дослідження показали, що мінливість агрокліматичних ресурсів під впливом неоднорідностей діяльної поверхні на близьких відстанях може бути більшою, ніж навіть при переході з однієї кліматичної зони в іншу. Наприклад, широтні градієнти радіаційних характеристик приблизно в 5-10 разів менші, ніж їх мікрокліматична різниця між північними і південними схилами крутістю 10-20°. Приблизно такі ж співвідношення спостерігаються для показників теплових ресурсів, заморозко- і морозонебезпечності.

Науково-прикладна значущість мезо- та мікрокліматичних досліджень полягає в тому, що вони дозволяють не тільки виявити і оцінити реально існуючі кліматичні ресурси в конкретній місцевості, але й обґрунтувати шлях їх кращого використання. Досягнутий на сьогодні рівень мікрокліматичних досліджень і розвиток методів різномасштабного картування мікроклімату дозволяє істотно деталізувати кліматичну і агрокліматичну інформацію в конкретній місцевості на території СНД.

### **2.3 Просторовий перерозподіл температури діяльного шару**

Відомо, що різниця радіаційного й термічного режиму на схилах різної експозиції обумовлює істотні зміни в розвитку рослинності. Наприклад, у Заїлійському і Джунгарському Алатау, в басейні верхньої Лени, а також в інших посушливих районах південні схили, як правило, позбавлені рослинності, а північні - покриті лісом. Глибина промерзання ґрунту в зоні вічної мерзлоти протягом літа на північних схилах досягає 20-30см, а на південних схилах простягається до глибини 2 - 3м та нижче. Північні схили значно пізніше звільняються від снігу і основні фази розвитку культурної й природної рослинності спостерігаються тут на 1 - 3 тижні пізніше, ніж на південних схилах. Істотна різниця відзначається також в хімічному складі й врожайності сільськогосподарських культур на схилах різної експозиції. Пояснити ці явища без врахування даних мікрокліматичної мінливості радіаційних характеристик клімату на схилах, за всієї їхньої важливості, важко.

У житті рослин тепловий фактор є основним і незамінним. Питання лише в тому, який термічний показник або групу показників варто використовувати для правильних екологічних висновків. В цьому сенсі безсумнівну перевагу як основний термічний показник має денна температура діяльної поверхні ( $T_{\text{вдн}}$ ) і показник інтенсивності радіаційного нагріву у вигляді різниці ( $T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$ ). Матеріали з ( $T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$ ) та її сум ( $\sum T_{\text{вдн}}$ ) дозволяють кількісно оцінити особливості термічних умов на схилах різної експозиції й крутості. Проте прямих вимірювань, які б показували кількісні локальні контрасти температури діяльної поверхні в складному рельєфі, вкрай мало. Крім того, вони розрізнені за часом і тому непридатні для кліматологічних узагальнень в географічному розрізі. Тому найбільш придатним може стати розрахунковий метод визначення температури діяльної поверхні, який базується на застосуванні рівняння теплового балансу, запропонованого М. І. Будико. Перші розрахунки радіаційного нагріву ( $T_{\text{в}} - T_{\text{д}}$ )' й ( $T_{\text{в}}$ )' на північних і південних схилах для середніх добових величин були виконані М. І. Будико і Ян Пхиль Єном для умов Волгограда, Кокчетава й Ташкента. При цьому використовувалася модифікована формула рівняння теплового балансу для схилу й рівного місця у вигляді:

$$(T'_{\text{в}} - T_{\text{в}}) = \frac{R_0 - R_0'}{\rho c_p D + 4S\delta T^3 \cos^2 \frac{\alpha}{2} + \beta L \rho D k}, \quad (2.1)$$

де  $T_{\text{в}}$  - середня добова температура діяльної поверхні на схилі;

$T'_{\text{в}}$  - те ж на рівному місці;

$R_0$  - радіаційний баланс на схилі;

$\rho$  - густина повітря;

$D$  - коефіцієнт зовнішньої дифузії;

$c_p$  - питома теплоємність повітря за постійного тиску;

$S$  - коефіцієнт, який характеризує властивості випромінюючої поверхні, вважається рівним 0,95;

$\delta$  - стала Стефана-Больцмана;

$L$  - прихована теплота пароутворення;

$\alpha$  - крутість схилу;

$\beta$  - відношення випаровування  $E$  до випаровуваності  $E_0$  на схилі;

$k$  - коефіцієнт пропорційності між температурою й вологістю насичення (апріорі вважають залежність вологості насичення від температури лінійною в незначних інтервалах температур – близько  $10^\circ\text{C}$ ).

При цьому були зроблені припущення: середні добові величини температури й вологості повітря на рівні будки на схилах і рівному місці однакові; в цих місцеположеннях, для середніх багаторічних умов, не

відрізняється також теплообмін у ґрунті та відношення  $\beta$ . В результаті виконаних розрахунків була отримана досить згладжена картина різниці термічного режиму на північних і південних схилах, в середньому за добу в теплу пору року.

Оскільки сьогодні розроблені перехідні коефіцієнти ( $K_R$ ) для розрахунку  $R_0$  на схилах, З. А. Міщенко для визначення радіаційного нагріву північних і південних схилів вдень запропонувала формулу у вигляді:

$$(T_{wc} - T)^{13} = \frac{R_{oc}^{13} - LE^{13} - B}{\rho C_p D - 4S\delta T_{13}^3}, \quad (2.2)$$

де  $(T_{wc} - T)^{13}$  – різниця температур діяльної поверхні й повітря на схилі;  
 $R_{oc}$  – радіаційний баланс на схилі.

Розрахунок усіх параметрів виконано для 13-ї години дня. Коефіцієнт зовнішньої дифузії  $D$  характеризується найбільшою стійкістю в полуденні години доби й вважається рівним  $1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ . Перевага формули 2.2 перед 2.1 полягає в спрощенні розрахунків й зменшенні кількості параметрів, розрахунок яких збільшує загальну похибку. При цьому зроблено припущення, що для середніх багаторічних умов  $LE^{13}$ ,  $C_p^{13}$  й  $T^{13}$  однакові на схилах і на рівному місці. Радіаційний баланс будь-якого схилу визначений за формулою:

$$R_{oc}^{13} = R_o \cdot K_R, \quad (2.3)$$

(за припущення, що відношення радіаційного балансу на схилі й на рівному місці в середньому за добу та о 13-й годині величина постійна).

При розрахунках радіаційного балансу на схилах о 13-й годині використовувалися перехідні коефіцієнти  $K_R$ , розраховані Т.А.Голубовою. Далі, за встановленими залежностями між  $T_d$  і  $T^{13}$ ,  $T_{wdn}$  і  $T_w^{13}$ , виконано розрахунки радіаційного нагріву схилів в денні години доби у вигляді різниці  $(T_{wdn} - T_{dn})$ . Методика переходу від  $(T_{wdn} - T^{13})$  до  $(T_{wdn} - T_{dn})$  і від  $T_w^{13}$  до  $T_{wdn}$  докладно викладена в опублікованих роботах З.А.Міщенко.

За вказаною методикою З. А. Міщенко визначила інтенсивність денного радіаційного нагріву північних і південних схилів крутістю 5, 10, 15 і  $20^\circ$  за даними 75 актинометричних і метеорологічних станцій (за період з квітня по вересень, а для деяких із них - за весь теплий період з  $T_d$  вище  $10^\circ \text{C}$ ). Одночасно були виконані аналогічні розрахунки для умов відкритого рівного місця й побудовані фонові карти розподілу

$(T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}})$  на території СРСР. Встановлено, що радіаційний нагрів діяльної поверхні (скошена трава, оголений ґрунт на метеорологічному майданчику) вдень, порівняно із  $T_{\text{дн}}$  на рівні метеорологічної будки, збільшується з півночі на південь і південний схід навесні в три рази, а влітку - більш ніж в 2 рази. Наприклад, у травні перевищення  $T_{\text{вдн}}$  над  $T_{\text{дн}}$  в північних районах Росії становить 2-4<sup>0</sup>С, а на півдні Середньої Азії – 10-12<sup>0</sup>С. В липні різниця  $(T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}})$  в північній і центральній частині Росії збільшується до 6<sup>0</sup>С, а на півдні Середньої Азії – навіть до 12-14<sup>0</sup>С.

Розрахунок денної температури діяльної поверхні для схилів ( $T'_{\text{вдн}}$ ) виконується за формулою:

$$T'_{\text{вдн}} = T_{\text{дн}} + (T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}) \pm \Delta T'_{\text{вдн}}, \quad (2.4)$$

$$T'_{\text{вн}} = T_{\text{н}} + (T_{\text{вн}} - T_{\text{н}}) \pm \Delta T'_{\text{вн}}, \quad (2.5)$$

де  $T_{\text{дн}}$  - середня денна температура повітря за конкретний місяць;  
 $T_{\text{вдн}}$  - радіаційний нагрів діяльної поверхні вдень на відкритому рівному місці;  
 $T'_{\text{вдн}}$  - те ж на різних схилах.

За кліматологічними розрахунками  $T'_{\text{вдн}}$  для схилів і даними фонових карт різниці ( $\Delta T'_{\text{вдн}}$ ) для різних зон зволоження (за Л. І. Зубенок) виконано схематичне районування (рис. 2.1) радіаційного нагріву на території СРСР для умов відкритого рівного місця й схилів різної експозиції й крутості. Як показник зволоження використовували безрозмірну величину - відношення фактичного випаровування  $E$  до випаровуваності  $E_0$ , тобто  $E/E_0$ . До карти додається легенда у вигляді табл. 2.1. Усього виділено шість великих макрорайонів, що значно відрізняються за діапазоном мікрокліматичної різниці  $\Delta T'_{\text{вдн}}$  між південними й північними схилами навесні й восени.

До кліматичного районування різниці  $(T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}})$  в залежності від умов зволоження додається розрахункова номограма, за допомогою якої легко визначити можливі величини радіаційного нагріву діяльної поверхні вдень на північних і південних схилах крутістю 5, 10, 15 й 20<sup>0</sup> в конкретному макрорайоні (рис. 2.2).

Мікрокліматична різниця показників термічного режиму схилів має чітко виражену географічну мінливість. Діапазон мінливості нагріву діяльної поверхні на північних і південних схилах порівняно з повітрям на рівні будки зростає від зони надмірного зволоження до сухої й

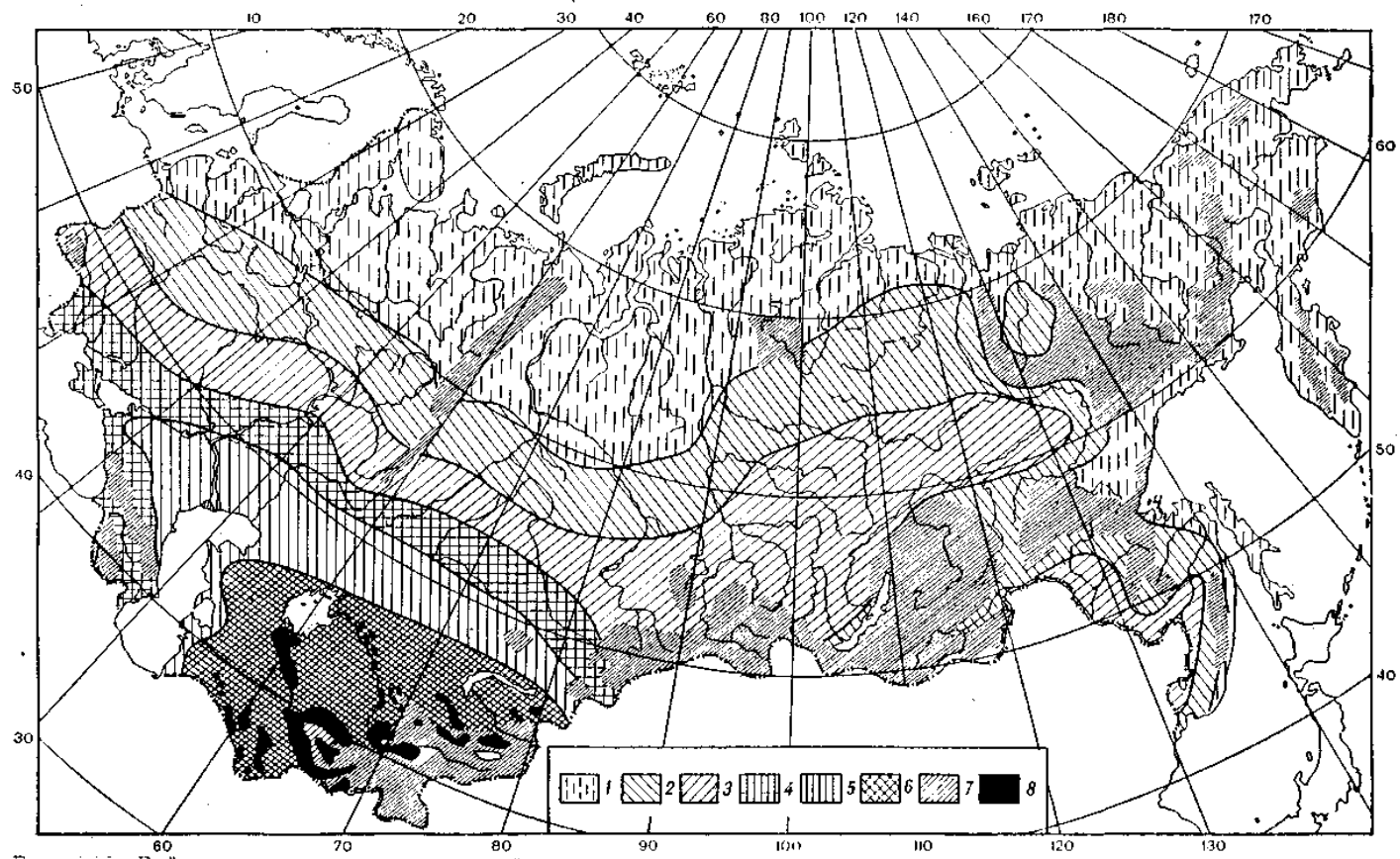


Рисунок 2.1 - Районування просторової мінливості радіаційного нагріву діяльної поверхні ( $T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$ ) з урахуванням експозиції й крутості схилів (на території бувшого СРСР). Літо. Райони 1-6 (табл. 2.1); 7 – гори висотою 1500 м та вище; 8 - зрошувані оазиси).

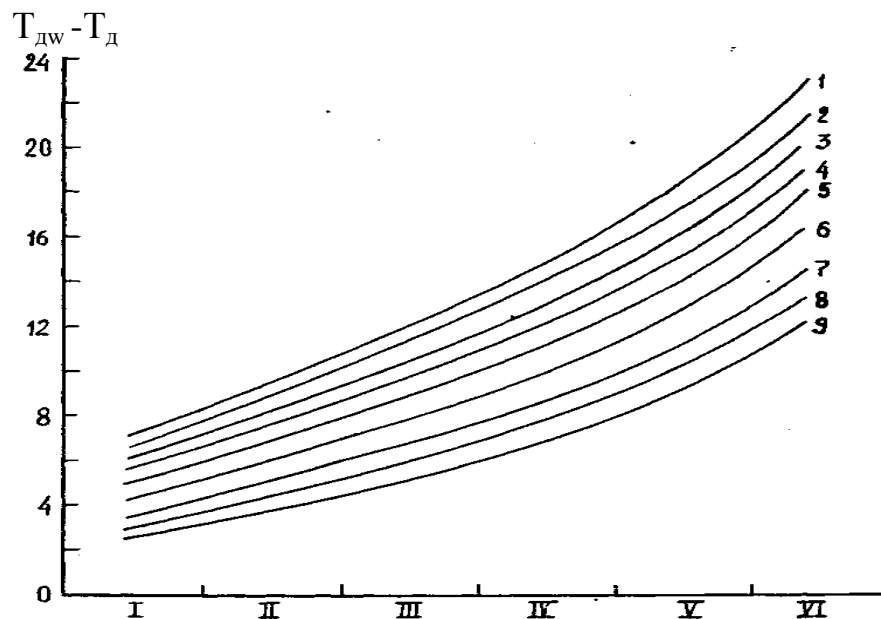


Рисунок 2.2- Номограма для розрахунку радіаційного нагріву діяльної поверхні ( $T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$ ) на схилових землях влітку.

Зони зволоження: I- надмірного, II - достатнього, III - слабо посушлива, IV - посушлива, V - дуже посушлива, VI - суха. Південні схили, крутість, °: 1- 20; 2 - 15; 3 - 10; 4 - 5; 5 - відкрите рівне місце. Північні схили, °: 6 - 5; 7 - 10; 8 - 15; 9 -20

Таблиця 2.1 - Різниця денних температур діяльної поверхні (°C) між південними й північними схилами крутістю 10 й 20 °

Зона зволоження	$E/E_o$	Весна		Осінь	
		Крутість схилів (град)			
		10	20	10	20
I. Надмірного	>0,9	>2	3 – 4	2 – 3	4 – 5
II. Достатнього	0,9- 0,7	2 – 3	4 – 5	3 – 4	5 – 6
III. Слабо посушлива	0,7 -0,5	>3	5 – 6	>4	6 – 8
IV. Посушлива	0,5- 0,3	3 – 4	6 – 7	4 – 5	8 – 10
V. Сильно посушлива	0,3- 0,1	>4	>7	>5	10 – 12
VI. Суха	<0,1	4 - 5	7 - 8	5 – 6	12 – 14

становить влітку відповідно 3-4 і 7-8 °C. Максимальна різниця нагріву діяльної поверхні на схилах спостерігається навесні й восени. В зоні надмірного зволоження південні схили крутістю 10° навесні на 2, а восени - на 2-3 °C тепліші від північних. На тих же схилах крутістю 20° мікрокліматична різниця збільшується до 3-4 °C навесні і до 4-5 °C - восени. В дуже посушливій і сухій зонах ця різниця на схилах різної експозиції й крутості максимальна: південні схили крутістю 10° навесні на 4-5, а восени - на 5-6 °C тепліші від північних. На тих же схилах крутістю 20° різниця зростає відповідно до 7-8 °C навесні й 10-14 °C -

восени. Додаткове тепло, яке отримують південні схили крутістю 10 й 20°, становить в різних регіонах, порівняно з рівним місцем, 3-7 і 7-11%, а недобір тепла на північних схилах досягає відповідно 4-8 і 8-15%.

Енергетичною основою просторово - часової мінливості радіаційного нагріву діяльної поверхні в різних місцеположеннях рельєфу є перерозподіл складових теплового балансу -  $R$ ,  $LE$  і  $P$  та їх співвідношень  $R/LE$ ,  $P/LE$ . Стосовно до території Оренбурзької області З. А. Міщенко виконала більш детальну оцінку різниці ( $T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$ ) для верхніх, середніх й нижніх частин схилів: північних, північно-східних, північно-західних, східних, західних, південно-східних, південно-західних і південних. Було враховано мікрокліматичну мінливість витрат тепла на випаровування. З цією метою були введені у формулу 2.2 перехідні коефіцієнти у вигляді  $K_E = \frac{E'}{E}$ , які характеризують відношення сумарного випаровування в будь-якому місцеположенні ( $E'$ ) до сумарного випаровування на рівному місці ( $E$ ).

За результатами аналізу й узагальнення даних побудована номограма, яка свідчить про тісну залежність, для середніх багаторічних умов, різниці ( $T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$ ) від структури теплового балансу в різних місцеположеннях рельєфу в травні – серпні. Наочно видно (рис.2.3), що діапазон мікрокліматичної мінливості радіаційного нагріву схилів різної експозиції і крутості становить в травні 3-10, а в серпні - 7-14 °С. Верхня частина номограми характеризує місцеположення з інтенсивним радіаційним нагрівом (до 9-14 °С) - верхні частини крутих схилів з південною складовою, а нижня частина номограми - місцеположення з температурами діяльної поверхні, зумовленими радіаційним нагрівом і вихолоджуванням. Найменшим нагрівом діяльної поверхні (не більше 2-8 °С) характеризуються верхні частини крутих схилів з північною складовою.

Для розрахунку сум денних температур діяльної поверхні на схилах ( $\sum T_{\text{вдн}}$ ) за відповідними сумами температур ( $\sum T_{\text{вдн}}$ ) на рівному місці, а також за традиційними сумами середніх добових температур повітря вище 10 °С ( $\sum T_c$ ) розроблені перехідні коефіцієнти

$$K_w = \frac{\sum T'_{\text{дв}}}{\sum T_{\text{дв}}} K_c = \frac{\sum T_{\text{дв}}}{\sum T_c}. \text{ Знаючи фонову величину } (\sum T_{\text{вдн}}) \text{ і } \sum T_c \text{ на}$$

рівнинних землях, можна визначити можливі величини  $\sum T_{\text{вдн}}$  для різних місцеположень на схилах за формулами:

$$\sum T'_{\text{вдн}} = \sum T_{\text{вдн}} \times K_w \quad (2.6)$$

$$\sum T'_{\text{вдн}} = \sum T_c \times K_c. \quad (2.7)$$

Перехідні коефіцієнти  $K_w$  характеризуються незначною мінливістю



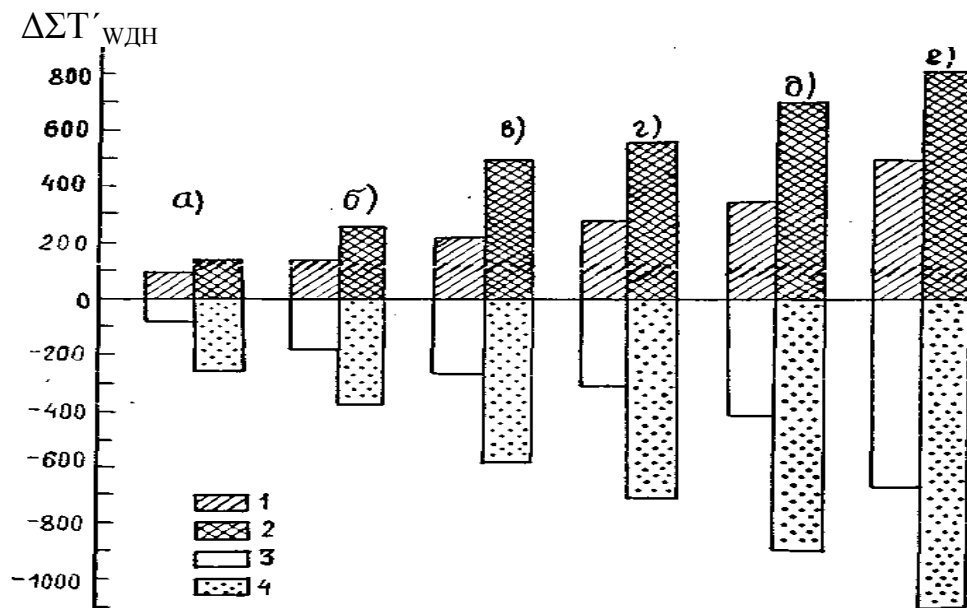


Рисунок 2.3- Відхилення сум денних температур діяльної поверхні вище  $10^{\circ}\text{C}$  на південних і північних схилах порівняно порівняно з рівним місцем; а) Хібіни, б) Москва, в) Одеса, г) Владивосток, д) Ашхабад, е) Тбілісі. 1 і 2 - південний схил крутістю 10 і  $20^{\circ}$ ; 3 і 4 - північний схил крутістю 10 і  $20^{\circ}$

в географічному розрізі. Для північних схилів їх значення становлять 0,97-0,86, а для південних схилів - 1,03-1,10. В умовах горбистого рельєфу Вологодської і Оренбурзької областей ресурси тепла за  $\Sigma T'_{\text{вдн}}$  збільшуються на північних схилах на 40-60%, а на південних - відповідно на 70-80% порівняно із сумами тепла на рівні будки ( $\Sigma T_c$ ). З ростом континентальності клімату величина коефіцієнтів зростає (табл.2.2).

Таблиця 2.2 - Мінливість  $\Sigma T'_{\text{вдн}}$  на схилах відносно  $\Sigma T_{\text{вдн}}$  на рівному місці й  $\Sigma T_{\text{вдн}}$  відносно  $\Sigma T_c$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) на обмеженій території

Параметри	Північний схил				Південний схил			
	5	10	15	20	5	10	15	20
$\Sigma T'_{\text{вдн}} / \Sigma T_{\text{вдн}}$	Вологодська область							
	0,97	0,96	0,94	-	1,04	1,08	1,10	-
$\Sigma T_{\text{вдн}} / \Sigma T_c$	1,61	1,59	1,56	-	1,64	1,72	1,76	-
$\Sigma T'_{\text{вдн}} / \Sigma T_{\text{вдн}}$	Іркутська область							
	0,97	0,94	0,90	0,87	1,03	1,07	1,10	1,12
$\Sigma T_{\text{вдн}} / \Sigma T_c$	1,83	1,77	1,71	1,66	2,10	2,16	2,23	2,30
$\Sigma T'_{\text{вдн}} / \Sigma T_{\text{вдн}}$	Оренбурзька область							
	0,94	0,92	0,89	0,86	1,05	1,07	1,08	1,10
$\Sigma T_{\text{вдн}} / \Sigma T_c$	1,55	1,52	1,48	1,43	1,75	1,78	1,80	1,82

## 2.4 Просторова мінливість термічного режиму ґрунту в умовах горбистого рельєфу

Значна просторова мінливість термічного режиму ґрунту спостерігається не тільки в залежності від строкатості ґрунтового покриву, але й під впливом неоднорідного рельєфу. Механізм формування цієї мінливості в умовах горбкуватого рельєфу визначається, насамперед, енергетичним фактором і пов'язаний з надходженням сонячної радіації. Іншим фактором, який визначає температуру ґрунту, є тип діяльної поверхні. У зв'язку з цим механізм формування мікрокліматичної мінливості має досить складний характер і визначається такими елементами рельєфу як експозиція і крутість схилів, форма рельєфу і місцеположення на схилі.

Дослідження термічного режиму ґрунту в умовах горбкуватого рельєфу в різний час виконували Інт Е.Л., Горишина Н.Г., Клипуто В.С., Керимов І.М. Ними були виявлені основні тенденції і закономірності просторово – часової мінливості терміки ґрунту в умовах неоднорідного рельєфу. Встановлено, що за інших рівних умов, за енергетичним фактором максимальна різниця температури ґрунту спостерігається на схилах південної і північної експозиції в літній період вдень. В поверхневому шарі ґрунту вона максимальна, а із глибиною – зменшується. Вплив вологості ґрунту на терміку визначається процесами випаровуваності і витратами тепла на випаровування. Найвищі температури ґрунту спостерігаються на вододільних плато (ВП), південних схилах, а низькі – на північних схилах, особливо в їх підніжжі, в долинах. Діапазон мінливості температури ґрунту в цих місцеположеннях ( $\Delta T_r$ ) для середніх багаторічних умов у травні – серпні може складати 3-6 °С, а в окремі безхмарні дні може досягати навіть – 9-10 °С. Вплив на мікрокліматичну мінливість термічного режиму ґрунтів має тип погоди.

Детальні комплексні експериментальні дослідження терміки ґрунту в умовах горбкуватого рельєфу в 80-і роки ХХ ст. проведені в Молдові. Виявлено особливості формування термічного режиму ґрунту в залежності від форми рельєфу та експозиції схилів впродовж теплого періоду. На рис. 2.4 представлено характер просторово – часової мінливості температури ґрунту в окремі ясні дні. Максимальний рівень температури ґрунту спостерігається впродовж усього дня (з 8-ї до 19-ї години) на вододільному плато, а мінімальний - на північно – східному схилі (як на глибині 5 так і 20см). Але рівень температур, час денного максимуму та мікрокліматична різниця температури ( $\Delta T_r$ ) відрізняються для цих глибин. На більшій глибині рівень температури ґрунту в ранковій годині дещо вищий, ніж на глибині 5см – відповідно 20-23 °С і 16-20 °С. В денні години ця різниця збільшується на 2-3 ° на глибині 20см і досягає

2-6 °С, а на глибині 5см вона збільшується на 5-6 °С і температура ґрунту становить 28-37 °С. Різниця температури ґрунту в цих же місцеположеннях (вододільне плато і північно – східний схил) вранці і увечері становить 4 °С на глибині 5см і 3 °С – на глибині 20см. У поверхневому шарі в денні години (13-15 годин опівдні) ця різниця досягає 10-12 °С, на глибині 20 см вона залишається майже такою ж – 3-4 °С. Також відзначається збільшення вертикального градієнта температури ґрунту в денні години порівняно з ранковими на всіх місцеположеннях. Денна амплітуда температур на вододільному плато перевищує аналогічну амплітуду на південно – західному схилі на 3-4 °С, тоді як на північно – західному схилі ця різниця тільки на 2-3 °С нижча.

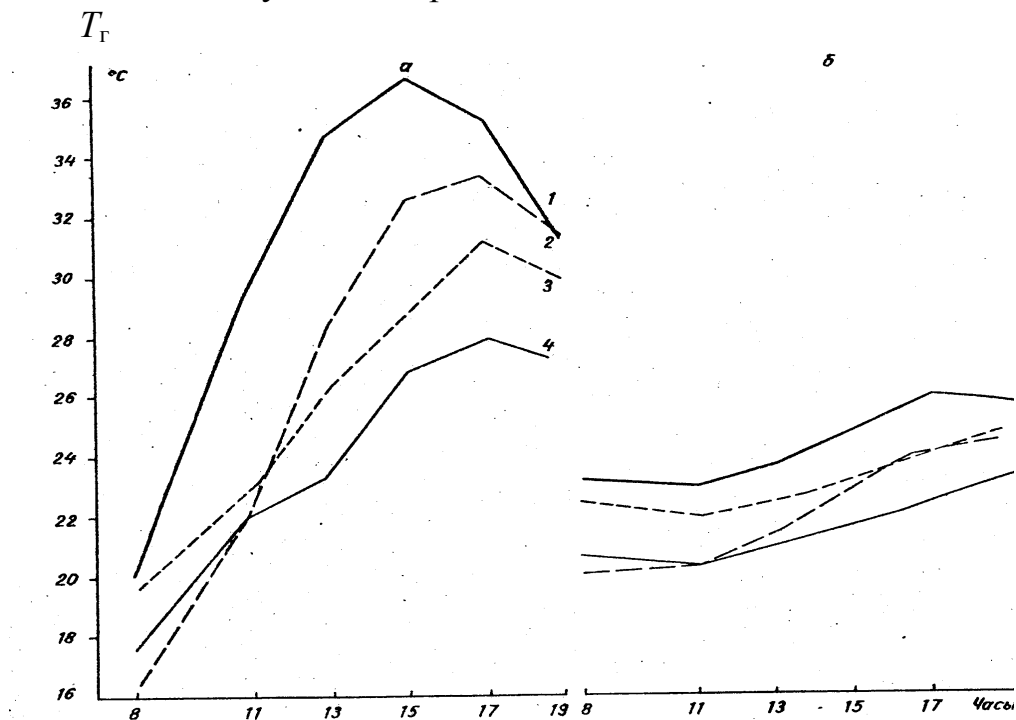


Рисунок 2.4 - Мікрокліматична мінливість температури ґрунту ( $T_g$ ) вдень на глибині 5 і 20 см за період з безхмарною погодою. Молдова, Ворнічени, червень-серпень 1981 р. 1- вододільне плато, 2- заплава, 3- південно-західний схил, 4 –північно-східний схил.

Результати наукових розробок теплового режиму орного шару різних за механічним складом ґрунтів, а також теплового режиму ґрунту в різних місцеположеннях пагорбкуватого і горбистого рельєфу можуть використовуватися для вирішення ряду прикладних задач. До їх числа відносяться: оптимізації сільськогосподарських робіт з метою планування термінів проведення польових робіт, в т.ч. термінів їх посіву, розміщення сільськогосподарських культур, для уточнення регіональних моделей “клімат - врожай” для обмежених територій із складним рельєфом та строкатістю ґрунтів.

### **Питання до самоконтролю**

1. Назвати показники термічного режиму і теплових ресурсів.
2. Дати визначення «діяльного шару» або «діяльної поверхні».
3. Надати теоретичне обґрунтування різниці температури діяльної поверхні і температури повітря.
4. Охарактеризувати мінливість температури діяльного шару в різних зонах зволоження.
5. Написати формулу розрахунку температури діяльної поверхні.
6. Написати формулу розрахунку сум денних і нічних температур температур діяльної поверхні за теплий період.

### 3 БІОКЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТЕРИТОРІЙ

Інтегральна інформація про клімат має значне прикладне значення при порівняльній оцінці територій, потенціальні можливості яких лімітуються різними агрокліматичними умовами. Із усього спектра агрокліматичних умов, які визначають формування продуктивності сільськогосподарських культур, необхідно мати єдиний агрокліматичний критерій для порівняльної характеристики земельних угідь як у зональному розрізі, так і на регіональному та локальному рівнях.

Сільськогосподарську оцінку продуктивності клімату різні автори називають як «бонітет клімату», «бонітіровка клімату», «сільськогосподарський бонітет клімату» і виконують у відносних величинах або балах. Між тим, суть цих понять майже однакова. Найбільшого поширення набули два методи оцінки (бонітету) клімату, запропоновані С. А. Сапожніковою і Д. І. Шашко, які базуються на кількісній залежності між врожайністю і ресурсами тепла та вологи. Метод, розроблений С. А. Сапожніковою в 60-і роки, направлений на розрахунок сільськогосподарського бонітету клімату (СБК), за яким було проведено районування території бувшого СРСР і країн Східної Європи. Розвиток цього напрямку здійснений Шашко Д. І. і доведений до практичного використання шляхом міжрегіональної оцінки земель та порівняння агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур в СРСР і США. Метод Шашко Д. І., який базується на фізико-статистичному моделюванні формування продуктивності сільськогосподарських культур, надалі був взятий за основу при оцінці біокліматичного потенціалу А. Д. Ейюбовим в Азербайджані, Хершкович Е. Л. в Болгарії та З. А. Міщенко і Н. В. Кирнасівською – в Україні.

Метод сільськогосподарського бонітету клімату, розроблений С. А. Сапожніковою, базується на оцінці продуктивності клімату  $П_k$ , який визначається за ресурсами тепла і вологи. В якості показників ресурсів тепла застосовувалася сума середньодобових активних температур повітря за період з температурами вище  $10^{\circ}\text{C}$ , а ресурсів вологи - ГТК Селянінова. Зважаючи на те, що тривалість вегетаційного періоду пов'язана з величиною  $\Sigma T_c$ , автор запропонувала виконувати розрахунок врожайності ( $Y_n$ ) на одиницю суми тепла. З цією метою використовується  $\Sigma T_c$  вище  $10^{\circ}\text{C}$ , зменшена в 100 разів. Тоді величина показника продуктивності клімату  $П_k$  будь-якої території розраховується за формулою

$$P_{\kappa} = \frac{Y_n}{\Sigma T_c > 10^0 C : 100}, \quad (3.1)$$

де  $Y_n$  - врожайність культури (ц/га);  $\Sigma T_c > 10^0 C$  – сума активних температур повітря за період з температурами вище  $10^0 C$ .

Наприклад, для певного району за врожайності пшениці 21 ц/га і суми активних температур  $1700^0 C$  показник продуктивності клімату  $P_{\kappa}$  буде складати

$$P_{\kappa} = \frac{21}{1700 : 100} = 1,24. \quad (3.2)$$

Маючи інформацію про продуктивність клімату для певної території, можна вирішити зворотну задачу, тобто здійснити розрахунок за формулою

$$Y_n = P_{\kappa} \cdot (\Sigma T_c > 10^0 C / 100). \quad (3.3)$$

За результатами розрахунку  $P_{\kappa}$  і використання інших даних Сапожнікова С. А. склала карту розподілу сільськогосподарського бонітету клімату на території бувшого СРСР стосовно до зернових культур. Нею встановлено, що найвищою продуктивністю клімату, яку оцінюють в 9-10 балів, характеризуються землі Закавказзя, передгірські і західні райони Північного Кавказу, лісостепова і степова (північностепова підзона) зони України та південна частина Далекого Сходу. Така ж продуктивність можлива на півдні Середньоазіатських країн, але за умови зрошення. Тобто мова йде про потенційну врожайність зернових культур за природного зволоження в умовах зони достатнього зволоження і в посушливій зоні та в сухій зоні за умов зрошення.

Одержана розрахункова врожайність зернових балом бонітету клімату значно перевищувала їх реальну врожайність, що пояснювалось безліччю причин і, насамперед, недостатнім зволоженням. Це зумовило необхідність удосконалення методу, що й було зроблено С. А. Сапожніковою і О. Д. Бринкен. Було запропоновано уточнений метод розрахунку бонітету клімату ( $B_{\kappa}$ ) та здійснена його реалізація на прикладі території ЄЧ СРСР і Східної Європи. Бонітет клімату  $B_{\kappa}$  визначається за такою схемою.

Для умов природного зволоження виконується розрахунок бонітувального балу клімату:

$$B_k = \varepsilon \cdot \Sigma T_c > 10^0 C, \quad (3.4)$$

де  $B_k$  – бонітувальний бал клімату, який кількісно дорівнює умовній врожайності зернових за певного співвідношення тепла і вологості;

$\varepsilon$  – бонітувальний бал зволоження, який дорівнює осередненій врожайності культур (ц/га), віднесеної до одиниці тепла ( $\Sigma T_c = 100^0 C$ ) за даного зволоження;

$\Sigma T_c > 10^0 C$  – сума температур (в сотнях градусів) за період з середньодобовою температурою повітря вище  $10^0 C$ .

За цим методом розрахунок  $B_k$  може здійснюватися для визначення врожайності культур з різною тривалістю вегетаційного періоду. Метод розрахунку показника зволоження  $K_c$  відрізняється від методу розрахунку ГТК:

$$K_c = \frac{0,5 \cdot P_x + P_m}{0,18 \cdot \Sigma T_c > 10^0 C}, \quad (3.5)$$

де  $P_x$  – кількість опадів за холодний період, (жовтень-березень), мм;  
 $P_m$  – те ж за теплий період (квітень-вересень), мм;

0,5 – коефіцієнт, який характеризує питому вагу опадів за холодний період у формуванні врожайності;

0,18 ·  $\Sigma T_c > 10^0 C$  – випаровуваність за рік за Будико М.І., мм.

Проведений кореляційний і регресійний аналіз показав, що залежність  $\varepsilon$  від  $K_\varepsilon$  (в межах  $K_\varepsilon$  від 0,4 до 1,6) може бути наближено апроксимованою параболою

$$\varepsilon = - 1,7 K_\varepsilon^2 + 3,7 K_\varepsilon - 0,28 \quad (3.6)$$

Відзначається висока тіснота зв'язку - кореляційне відношення  $\eta$  становить 0,72; а помилка рівняння  $\sigma_\varepsilon = \pm 0,21$ . Проведений аналіз величин  $K_\varepsilon$  і  $\varepsilon$  показав значний діапазон їх зміни в різних зонах зволоження (табл.3.1). Наприклад в сухій зоні  $K_\varepsilon$  і  $\varepsilon$  не перевищують відповідно 0,4 і 0,92, а у зоні надмірного зволоження їх значення збільшувалися до 1,4 - 1,6 и 1,57 - 2,26.

За цією методикою Сапожніковою С. А. і Бринкен О. Д. виконано розрахунки  $K_\varepsilon$  і  $B_k$  для території ЄЧ СРСР і Східної Європи та складено карти просторового розподілу обох показників у масштабі 1:2 500 000 на гіпсометричній основі. Використання гіпсометричної основи при

складанні карт зумовлено впливом на розподіл коефіцієнта зволоження різних типів рельєфу і абсолютної висоти місцевості. Встановлено збільшення з висотою (до 1000-1200м) величини  $K_\varepsilon$  більше ніж в два рази. А далі проведено аналіз зв'язку коефіцієнта зволоження  $K_\varepsilon$  і бонітету клімату  $B_k$  з абсолютною висотою місцевості в різних гірських районах. Сільськогосподарський бонітет клімату  $B_k$  з висотою знижується, що пояснюється істотним зменшенням із зростанням висоти тривалості теплого періоду і суми температур  $\Sigma T_c$  вище  $10^\circ\text{C}$ .

Таблиця 3.1 - Диференціація коефіцієнтів зволоження  $K_\varepsilon$  і  $\varepsilon$  в різних зонах зволоження

Зона зволоження	$K_\varepsilon$	$\varepsilon$
Суха	<0,4	<0,92
Дуже посушлива	0,4-0,6	0,92-1,33
Посушлива	0,6-0,8	1,33-1,59
Слабкопосушлива	0,8-1,0	1,59-1,72
Оптимального зволоження	1,0-1,2	1,73
Дуже зволожена	1,2-1,4	1,71-1,75
Надмірно зволожена	1,4-1,6	1,57-2,26
Перезволожена	>1,6	>2,26

Складена карта сільськогосподарського бонітету клімату наочно показала просторову зональну мінливість вказаних показників та дозволила виявити визначальний фактор впливу на особливості формування бонітету. Кінцевою задачею стала порівняльна характеристика «ціни гектара» територій з різними агрокліматичними умовами стосовно до формування врожайності ярих зернових культур. Встановлено, що на значній площі  $B_k$  змінюється від 25 до 70 балів. Майже уся західна третина території країн Східної Європи має  $B_k$  більше 40 балів, а в гірських районах бонітет клімату менше 30 балів. В південній і центральних частинах території (Болгарія, Румунія, Угорщина, Чехія, Словачина) значні площі мають  $B_k$  більше 50-55 балів. На території ЄЧ СРСР відзначається збільшення діапазону мінливості  $B_k$ . Північні райони (Ленінградська, Вологодська, Кіровська області Росії) та райони Прикаспійської низовини характеризуються найменшим балом сільськогосподарського бонітету клімату – 25-30. Найвищий бал бонітету клімату (50-60) відзначається в Краснодарському краї, а на вузькій прибережній смузі від Туапсе до Сочі  $B_k$  досягає 70 балів.

Надалі Сапожніковою С. А. і Бринкен О. Д. була виконана порівняльна оцінка середнього балу сільськогосподарського бонітету клімату в межах окремих країн Східної Європи і по відношенню (у



відсотках) до бонітету клімату на території ЄЧ СРСР (табл. 3.2.). Наочно видно, що  $B_k$  в середньому по ЄЧ СРСР (на південь від  $\varphi = 60^0$ ) не перевищує 30-45 балів. В Польщі і Німеччині він збільшується відповідно до 35-40 і 40-45 балів, в Чехії, Словаччині і Румунії – до 40-50 і 40-55 балів, а в Угорщині і Болгарії – до 50-55 і 50-60 балів.

Таблиця 3.2 – Сільськогосподарський бонітет клімату  $B_k$

Країна	$B_k$	
	бал	%
ЄЧ СРСР (на південь від $\varphi = 60^0$ )	30-45	100
Польща	35-45	105
Німеччина	40-45	113
Чехія і Словаччина	40-50	118
Румунія	40-55	126
Угорщина	50-55	139
Болгарія	50-60	145

Метод оцінки земель, запропонований Шашко Д. І., базується на фізико-статистичному моделюванні формування врожайності сільськогосподарських культур також в залежності від ресурсів тепла і вологи. Проте деякі положення стосовно врахування цих ресурсів ним дещо вдосконалені. Насамперед, розглядається фактична врожайність сільськогосподарських культур, яка формується за середнього для країни рівня агротехніки, і потенційна врожайність, яка визначається рівнем використання ресурсів тепла і вологи. Визначається біокліматичний потенціал ( $БКП$ ) у відносних величинах і бонітет клімату ( $B_k$ ) у балах.

Розрахунок біокліматичного потенціалу визначається за формулою

$$БКП = K_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^0 C}{\sum T_{c(баз)}} , \quad (3.7)$$

де  $БКП$  – відносна величина біокліматичного потенціалу;

$K_p$  – коефіцієнт зростання за річним показником атмосферного зволоження ( $Md$ );

$\sum T_c > 10^0 C$  – сума активних середньодобових температур повітря за період активної вегетації;

$\sum T_{c(баз)}$  – базова сума температур.

Базова сума температур може набирати таких значень:

- 1000 °С – в порівнянні з біокліматичним потенціалом на північній межі польового землеробства;
- 1900 °С - в порівнянні з середнім для території СРСР БКП;
- 3100 °С – в порівнянні з найвищим біокліматичним потенціалом.

Коефіцієнт зростання  $K_p$  становить відношення врожайності культури за реальних і оптимальних умов зволоження:

$$K_p = 1,5 \lg (20 Md) - 0,24 + 0,63Md - Md^2, \quad (3.8)$$

де  $Md$  – показник атмосферного зволоження за рік, який визначається за формулою

$$Md = \frac{\Sigma P}{\Sigma (E - e)}, \quad (3.9)$$

де  $\Sigma P$  – кількість опадів за рік (мм);

$\Sigma (E - e)$  – сума дефіциту насичення вологості повітря за рік (мм).

Виявлено, що оптимальні умови вологозабезпеченості складаються за величини  $Md = 0,50$ , а  $K_p$  дорівнює одиниці. В сухих умовах південного степу  $Md$  не перевищує 0,10-0,20, а коефіцієнт зростання знижується до 0,19-0,37 при вирощуванні культур на богарі. БКП в 100 балів відповідає середньозваженій врожайності зернових культур на усіх ділянках державної сортової мережі в 20 ц/га. Величина (в балах) фактичного БКП визначається за складеним Шашко Д. І. комплексним графіком зв'язку врожайності з показником зволоження за різних сум температур (рис. 3.1). На осі абсцис відкладаються величини показника зволоження, у полі графіка – суми температур. З осі ординат знімаються бал БКП і врожайність культури. Наочно видно значне збільшення величини БКП і врожайності із покращенням умов зволоження і збільшенням величини сум температур, причому визначальним чинником є умови зволоження. Аналогічні графіки були складені й для деяких інших сільськогосподарських культур з диференціацією по зонах зволоження. За графіками одержано величини можливої врожайності культур в абсолютних величинах (ц/га) і у відносних величинах порівняно із врожайністю в зоні з  $Md = 0,50$  (табл.3.3).

За даними табл. 3.3 і розрахункової формули визначено коефіцієнти зростання  $K_p$  і складено графік зв'язку  $K_p$  з  $Md$  (рис. 3.2). Близькість величин емпіричних і розрахункових коефіцієнтів зростання вказує на надійність застосованих методів розрахунку – відносної продуктивності клімату (біокліматичного потенціалу) в різних зонах зволоження. Для підвищення точності розрахунку БКП виконувався

розрахунок сукупного коефіцієнта зростання як добутку коефіцієнтів зростання за ресурсами тепла і умовами зволоження.

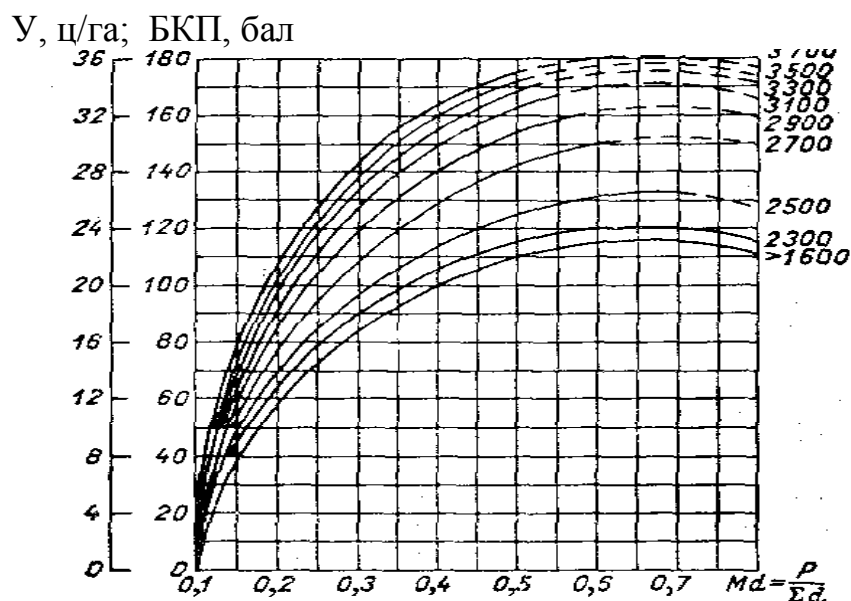


Рисунок 3.1 - Зв'язок величини врожаю зернових культур із показником зволоження

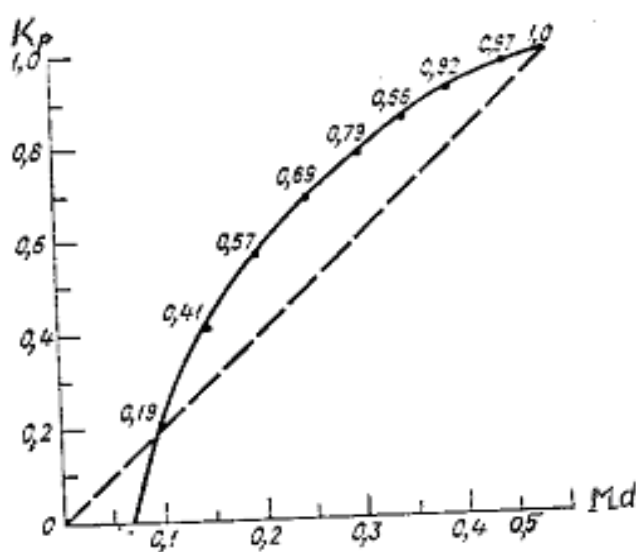


Рисунок 3.2 - Зв'язок коефіцієнта зростання  $K_{p(c)}$ ,  $K_p$  з величиною коефіцієнта зволоження

Надалі, з метою проведення для різних територій порівняльної оцінки біологічної продуктивності клімату в балах ( $B_k$ ) відносно середньої по країні і в оптимальних умовах ( $B_{k(on)}$ ) запропоновано такі формули:

$$B_{k(on)} = K_p \frac{\Sigma T_c \cdot 100}{3100^0 C} = 0,6 B_k, \quad (3.10)$$

$$B_{\kappa} = K_p \frac{\Sigma T_c \cdot 100}{10000^{\circ}C} = 55BKП, \quad (3.11)$$

де  $B_{\kappa}$  і  $B_{\kappa}(on)$  – бонітет клімату відповідно за сум температур за період з температурами вище  $10^{\circ}C$  в 1900 і  $3100^{\circ}C$ .

Таблиця 3.3 – Врожайність сільськогосподарських культур (в ц/га і у відносних величинах) по зонах зволоження

$T_c > 10^{\circ}C$	Абсолютні величини				Відносні величини			
	З (0,20)	Пс (0,30)	Пв (0,40)	В (0,50)	З (0,20)	Пс (0,30)	Пв (0,40)	В (0,50)
Озима пшениця								
2000	13	19	24	26	0,50	0,73	0,93	1,0
2800	19	27	33	35	0,54	0,77	0,94	1,0
Кукурудза								
2000	27	36	45	48	0,56	0,81	0,92	1,0
3600	37	47	54	57	0,65	0,82	0,90	1,0
Цукровий буряк								
2400	200	284	335	360	0,55	0,78	0,93	1,0
2800	260	340	380	400	0,65	0,85	0,95	1,0
Соняшник								
2400	10	14	18	19	0,53	0,73	0,95	1,0
3200	13	19	22	24	0,54	0,78	0,94	1,0
Люцерна								
2400	24	36	44	47	0,51	0,78	0,94	1,0
3200	32	50	57	60	0,53	0,83	0,95	1,0

Примітка. Зони зволоження: *З* – посушлива, *Пс* – слабкопосушлива, *Пв* – слабкозволожена; *В* – достатнього зволоження. В дужках – величина коефіцієнта зволоження

Величина 55 являє собою коефіцієнт пропорційності, розрахований Д. І. Шашко, виходячи із положення, що середня врожайність сільськогосподарських культур в ареалі вирощування на території бувшого СРСР відповідає БКП на рівні 1,9, який взято за 100 балів. Різниця між БКП, розрахованими за базовою сумою температур  $1000^{\circ}C$  і сумою температур  $1900^{\circ}C$  становить 55 балів.

Вирази біологічної продуктивності клімату й являють собою бонітет клімату. При цьому слід відзначити, що запропонований метод розрахунку бонітету клімату базується на його диференціації стосовно окремих сільськогосподарських культур. За результатами виконаних розрахунків біокліматичного потенціалу *БКП* і бонітету клімату *Бк*

Д. І. Шашко склав для території бувшого СРСР дрібномасштабні карти їх розподілу за природного зволоження, на яких виділено райони і підрайони. До карти додається легенда у вигляді таблиці, де представлена інформація щодо БКП і Бк (табл. 3.4). На цій території виділено 7 макрорайонів з диференціацією за сумами температур, які поділяються на 2-3 підрайони.

Таблиця 3.4 – Біологічна продуктивність клімату за *БКП* і *Бк* на території бувшого СРСР за природного зволоження

Біологічна продуктивність	Макрорайони і підрайони	БКП	<i>Б<sub>к</sub></i> , бали	Врожайність зернових, ц/га
Дуже низька	I	<0,8	<40	<0,9
Низька	IIa	0,8-1,0	40-50	0,9-1,1
	IIб	1,0-1,2	51-60	1,1-1,4
Знижена	IIIa	1,2-1,4	61-70	1,4-1,6
	IIIб	1,4-1,6	71-85	1,6-1,9
Середня	IVa	1,6-1,8	86-95	1,9-2,2
	IVб	1,8-2,0	96-105	2,2-2,4
	Ivв	2,0-2,2	106-120	2,4-2,8
Підвищена	Va	2,2-2,4	121-130	2,8-3,0
	Vб	2,4-2,6	131-140	3,0-3,2
	Vв	2,6-2,8	141-155	3,2-3,6
Висока	VIa	2,8-3,0	156-165	3,6-3,8
	VIб	3,0-3,2	166-175	3,8-4,0
	Viв	3,2-3,4	176-190	4,0-4,4
Дуже висока	VIIa	>3,4	191-200	4,4-4,6
	VIIб	>3,4	201-210	4,6-4,8
	VIIв	>3,4	>210	>4,8

Запропонована така градація теплозабезпеченості зернових культур за сумами температур (теплові пояси):

- низької - менше 1200 °С;
- недостатньої - 1200-1400 °С;
- нижче середньої - 1600-2200 °С;
- середньої - 2200-2800 °С;
- вище середньої - 2800-3400 °С;
- підвищеної - більше 3400 °С.

Центральна частина території польового землеробства характеризується відносно підвищеною біологічною продуктивністю клімату. На північ від цього макрорайону відзначається зниження продуктивності через нестачу тепла, а на південь – через нестачу вологи. До районів низької біологічної продуктивності з *БКП* 0,8 і *Бк* менше 40

балів відносяться території арктичної і типової тундри і пустелі та напівпустелі Казахстану і Середньої Азії. До ареалу низької біологічної продуктивності з БКП  $\approx 0,8-1,2$  і  $B \approx 40-60$  балів відноситься південна тайга, дуже посушлива зона степу Північного Казахстану і посушливі провінції холодного підполюсу помірного поясу (Забайкалля, Центральна Якутія, Тува). До ареалу зниженої продуктивності з БКП  $\approx 1,2-1,6$  і  $B_k \approx 60-85$  балів відноситься достатньо зволожена зона середньої тайги і слабкопосушливі території холодного підполюсу помірного поясу (Передбайкалля). В макрорайон середньої біологічної продуктивності клімату з БКП  $\approx 1,6-2,2$  і  $B_k \approx 85-120$  відносяться території вологої і напіввологої південної зони, напіввологої лісостепової зони (крім території України), а також степової зони ЄЧ ЄСР.

Підвищена біологічна продуктивність клімату з БКП  $\approx 2,2-2,8$  і  $B_k \approx 120-155$  балів відзначається в добре забезпечених теплом західній частині лісової зони, лісостепу України, передгірських районах слабкопосушливої зони Північного Кавказу, мусонних районах Далекого Сходу. До макрорайону підвищеної продуктивності відноситься територія з БКП  $\approx 2,8-3,4$  і  $B_k \approx 155-190$  балів слабкопосушливого найбільш забезпеченого теплом Північного Кавказу, а до макрорайону з високою продуктивністю (БКП  $> 3,4$ ;  $B_k \approx 190 - 210$  балів) – територія вологих субтропіків Чорноморського Узбережжя Краснодарського краю, Західної Грузії, Ленкоранської низовини Азербайджану. Як показують результати досліджень, на вказаній території  $B_k$  змінюється в 5 разів – від 40 до 210 балів. Відзначається й відповідна зміна врожайності зернових культур – від 9 ц/га в I-му макрорайоні до 46-48 ц/га – і VII-му (підрайон б).

Базуючись на виконаних теоретичних дослідженнях Шашко Д. І. з колегами здійснена порівняльна оцінка біологічної продуктивності клімату на континентах Світу. За результатами розрахунків була складена дрібномасштабна карта просторового розподілу БПК і  $B_k$  для зернових культур, в тому числі, з перерахунком на врожайність в ц/га (рис.3.3) і виконано районування Світу (табл.3.5). Усього виділено 6 макрорайонів, які поділяються на 10 підрайонів. Район зниженої продуктивності клімату з  $B_k = 60 \dots 120$  балів відзначається на території помірного поясу з  $\Sigma T_c = 1600-2200$   $^{\circ}\text{C}$  і охоплює більшу частину землеробної частини ЄСР, Канади та інші території світу з низькою вологозабезпеченістю. Макрорайон середньої біологічної продуктивності з  $B_k = 120 \dots 220$  балів характеризує територію помірного поясу північних і південних широт з  $\Sigma T_c = 2200-6000$   $^{\circ}\text{C}$ , але низькою вологозабезпеченістю. В цей район входить більшість країн Західної Європи, північно-східна частина Китаю і деякі інші регіони Світу. Макрорайон високої біологічної продуктивності з  $B_k$ , більше 440 балів охоплює території найвищої теплозабезпеченості ( $\Sigma T_c$  вище

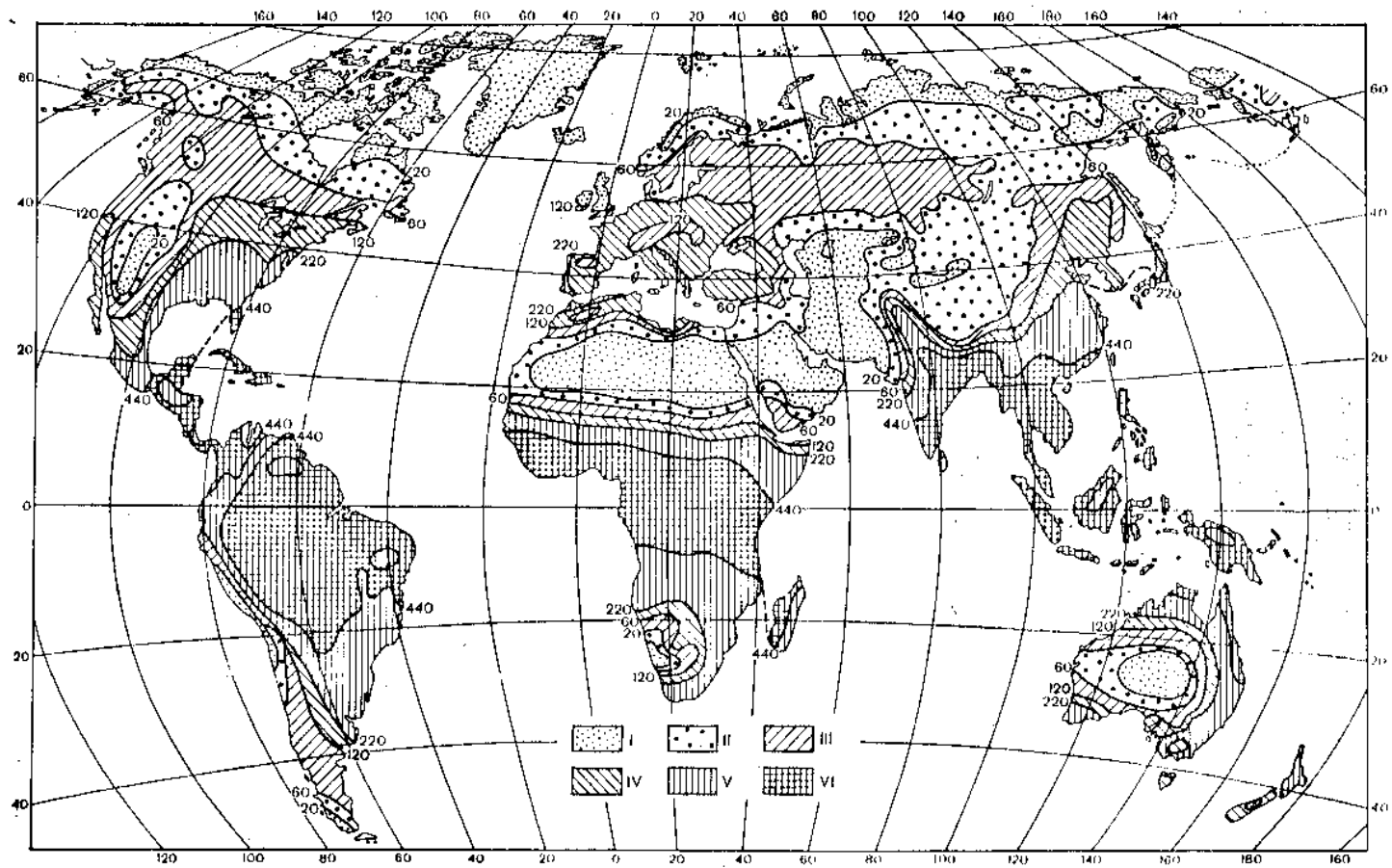


Рисунок 3.3 - Характеристика біологічної продуктивності клімату Світу.

I – дуже низька, II – низька, III – знижена, IV – середня, V – підвищена, VI – висока. Цифри при ізолініях – Бк в балах.

Таблиця 3.5 – Характеристика біологічної продуктивності клімату *Бк* по макрорайонах Світу

Біологічна продуктивність	Макрорайон і підрайони	БКП	Б <sub>к</sub> , бали	Врожайність зернових (ц/га)
Дуже низька	I	0,4	<20	< 5
Низька	IIa	0,4-0,8	20-40	5-10
	IIб	0,8-1,2	40-60	10-15
Знижена	IIIa	1,2-1,6	60-85	15-21
	IIIб	1,6-2,2	85-120	21-30
Середня	IVa	2,2-2,8	120-155	30-39
	IVб	2,8-3,4	155-190	39-47
	IVв	3,4-4,0	190-220	47-55
Підвищена	Va	4,0-5,2	220-285	55-71
	Vб	5,2-6,6	285-340	71-90
	Vв	6,6-8,0	340-440	90-110
Висока	VI	>8,0	>440	>110

Примітка. Врожайність зернових надається за оцінки одного балу в 0,25 ц/га.

8000 °C) та достатнього річного зволоження (*Мд* вище 0,45). В цей макрорайон входять країни зони тропічних і екваторіальних лісів Центральної і Південної Америки.

Наочно видно, що біологічна продуктивність клімату (у середньому по площі країн) майже повсюдно в Західній Європі, яка характеризується середнім рівнем (IVa, IVб, IVв) вище, ніж в СРСР. Біологічна продуктивність клімату в США, Китаї, Португалії перевищує *Бк* (осередненого гектара) Росії, України та інших країн СРСР більше ніж в два рази, Австралії – в три, Індії, Бразилії, Заїру – більше ніж в чотири рази. Біологічна продуктивність середнього гектара території Норвегії, Нідерландів, Канади нижче, ніж по території СРСР, проте фактична врожайність зернових там значно вища, що досягається високим рівнем землеробства, насамперед, вирощуванням високопродуктивних сортів.

Треба відзначити, що розглянута оцінка біологічної продуктивності клімату має схематичний характер, що зумовлено значною площею території. Безумовно, при оцінці цих показників в межах окремих країн або регіонів необхідна подальша деталізація з використанням інших чинників, які зумовлюють формування рівня врожайності сільськогосподарських культур. Так, при розрахунках біологічної продуктивності клімату на регіональному рівні повинна враховуватися просторова мінливість агрокліматичних умов під впливом неоднорідностей підстильної поверхні. Безумовно, інтегральна оцінка біологічної продуктивності клімату земель повина



виконуватися стосовно усього набору сільськогосподарських культур на територіях регіонального рівня.

Прикладом деталізації біологічної оцінки клімату можна розглядати дослідження, проведені З.А. Міщенко і Н. В. Кірнасівською щодо регіональної оцінки і районування біокліматичного потенціалу в Україні. За основу прийнята фізико-статистична модель розрахунку БКП і  $B_k$  Д. І. Шашко. Удосконалення методу здійснювалося шляхом врахування неоднорідної підстильної поверхні через перерахунок співвідношення в надходженні сонячного тепла на схили різної експозиції і теплозабезпеченості ґрунтів різного гранулометричного складу. Розрахунок біокліматичного потенціалу здійснювався за модифікованими формулами:

$$БКП_c = K_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^0}{1000^0} \cdot \bar{K}_Q, \quad (3.12)$$

$$B_{kc} = 55 \cdot БКП \cdot \bar{K}_Q, \quad (3.13)$$

де  $БКП_c$  і  $B_{kc}$  – біокліматичний потенціал у відносних величинах і балах на схилових землях певної експозиції і крутості;

$\bar{K}_Q$  - перехідні коефіцієнти для розрахунку сумарної сонячної радіації на південних, північних, західних і східних схилах крутістю 5, 10, 15 і 20° відносно горизонтальної поверхні (відкрите рівне місце).

Перехідні коефіцієнти визначені Т. А. Голубовою і З. А. Міщенко і являють собою відношення сумарної радіації, що надходить на схили різної експозиції та крутості до величини, що надходить на горизонтальну поверхню за період з температурою вище 10 °С. Врахування просторової мінливості теплозабезпеченості земель здійснюється шляхом введення коефіцієнта перерахунку сум температур ґрунту за теплий період на ґрунтах різного гранулометричного складу стосовно до сумм температури ґрунту середньосуглинкового гранулометричного складу. Перехідні коефіцієнти розробили З. А. Міщенко і Н. В. Кірнасівська для ґрунтів різного гранулометричного складу, які розраховуються за формулами:

$$K_{пм} = \frac{\sum T_{пм}}{\sum T_{пс}}; \quad K_{сп} = \frac{\sum T_{сп}}{\sum T_{пс}}; \quad K_{тс} = \frac{\sum T_{тс}}{\sum T_{пс}}; \quad (3.14)$$

де  $\sum T_{пс}$  – сума температури середньосуглинкового ґрунту на глибині 10 см в теплий період (з  $\sum T_{пс}$  вище 10 °С);

-  $\Sigma T_{\text{пп}}, \Sigma T_{\text{сп}}, \Sigma T_{\text{тс}}$ , – відповідно суми температури ґрунту на глибині 10 см піщаного, супіщаного, важкосуглинистого і глинистого гранулометричного складу.

Розрахунок  $BKP$  і  $B_k$  здійснюється за формулами

$$BKP_n = K_p \cdot \frac{\Sigma T_c > 10^0}{1000^0} \cdot K_{nm}, \quad (3.15)$$

$$B_{kn} = K_p \cdot BKP_n \cdot K_{nm}, \quad (3.16)$$

де  $BKP_n$  і  $B_{kn}$  – величини біокліматичного потенціалу у відносних одиницях і в балах на ґрунтах різного гранулометричного складу;

$K_{nm}$  – перехідні коефіцієнти для розрахунку  $BKP_n$  і  $B_{kn}$  на піщаних, супіщаних, важкосуглинистих і глинистих ґрунтах.

Авторами було виконано розрахунки  $Md$ ,  $K_p$ ,  $BKP$  і  $B_k$  для 240 метеорологічних станцій України, за якими проведено районування території і на основі фізико-географічної карти складена дрібномасштабна карта (М 1:1500000). Ця карта представляє макрорайони за величиною біокліматичного потенціалу і бонітету клімату для умов відкритого рівного місця середнього гранулометричного складу та реального рівня зволоження (рис. 3.4). Для кожного із виділених восьми макрорайонів визначено величини  $\Sigma T_c$  вище  $10^0 C$ ,  $\Sigma r$ ,  $Md$ ,  $K_p$  і  $BKP$  (табл.3.6).

Наочно видно, що в межах України біологічна продуктивність клімату змінюється в широких межах – від 1,9 до 2,88 і від 100 до 160 балів. Високою продуктивністю клімату з  $B_k$  і  $BKP$  в 150-160 балів і 2,70-2,88 (макрорайон 7) характеризуються західні регіони країни лісостепової зони, а максимальною - західні регіони, які відносяться до лісостепової зони (макрорайон 7). Найвища продуктивність ( $B_k$  і  $BKP$  160-170 балів і 2,88-3,10) відзначається в Закарпатті (макрорайон 8). Значна частина північних і центральних районів, які відносяться до лісостепової зони (макрорайони 4 і 5), характеризуються середньою і підвищеною біологічною продуктивністю. В степовій зоні на сході і півдні країни (макрорайон 3) відзначається знижена продуктивність, де  $B_k$  і  $BKP$  не перевищують 110-120 балів і 1,98-2,18. Далі на південь біологічна продуктивність клімату збільшується і становить для  $B_k$  і  $BKP$  відповідно 140-150 балів та 2,54-2,70 (макрорайон 6Б).

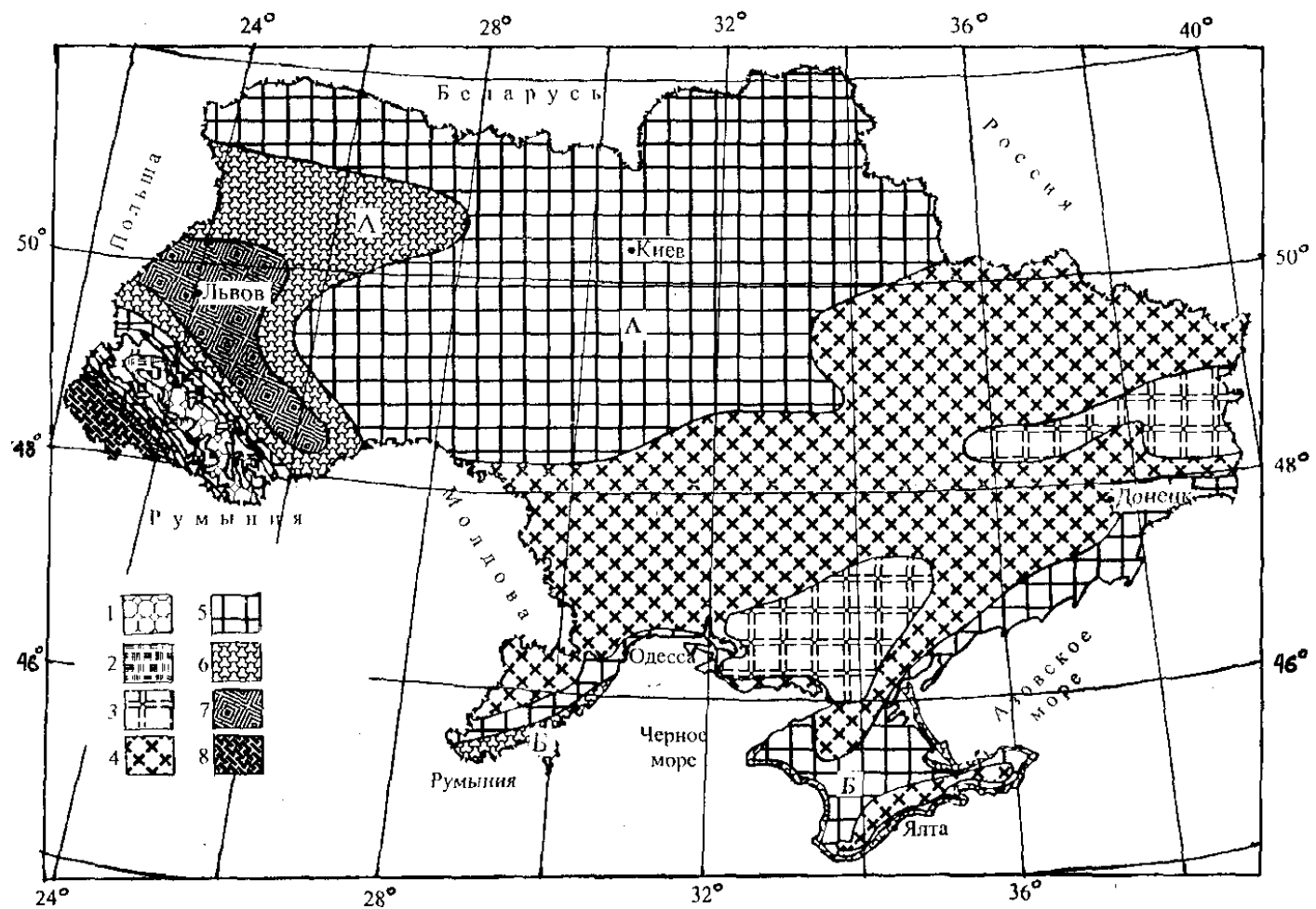


Рис. 3.4 - Комплексне районування України за біокліматичним потенціалом за природного зволоження.  
(Легенда до карти надана в табл. 3.6)

Таблиця 3.6 – Характеристика біологічної продуктивності клімату України  
за природного зволоження

Показники Макрорайони	$B_k$ , бали	$BKP$	$\Sigma T_c > 10^0 C$	$Md$	$K_p$	$\Sigma r$
1.Дуже низька	$\leq 100$	$\leq 1,80$	1000 - 1600	0,9 – 1,4	0,75 - 0.30	1000 - 1400
2.Низька	100 – 110	1,80 – 2,00	1500 - 1900	0,8 – 1,0	0,82 - 0.62	850 - 1100
3.Знижена	110 – 120	1,98 – 2,18	2000 - 3400	0,21 – 0,75	0,58 - 0.82	450- 850
4.Середня	120 – 130	2,18 – 2,35	2700 - 3350	0,24 – 0,38	0,70 - 0.85	450 - 570
5.Підвищена	130 – 140	2,35 – 2,54	А) 2400 – 3000 Б) 3250 – 3450	0,35 – 0,45	0,83 - 0.95	А) 550 – 700 Б) 350 – 650
6.Помірно висока	140 – 150	2,54 – 2,70	А) 2420 – 2600 Б) 3400 – 3900	0,50 – 0,60	0,98 - 1.0	А) 600 – 750 Б) 300 – 600
7.Висока	150 – 160	2,72 – 2,90	2400 - 2550	0,52 – 0,73	1,0 - 0.85	680 - 850
8.Дуже висока	$\geq 160$	$\geq 2,90$	3000 - 3300	0,60 – 0,85	1,0 – 0,80	800 - 1000

Надалі авторами кількісно оцінено зміну біокліматичного потенціалу в гірських районах в залежності від висоти місцевості. Виявлено, що із збільшенням висоти біологічна продуктивність клімату знижується за рахунок істотного зменшення ресурсів тепла. Проте, інтенсивність зменшення  $B_k$  і  $BKP$  відрізняється в Карпатах і Кримських горах. Висотний градієнт  $B_k$  (його зміна на 100 м висоти) на північно-східному схилі Карпат складає 6 балів, а на південно-східному – 10 балів. Тому в Карпатах  $B_k$  на висотах 800-900 м і 1000-1100 м становить відповідно 100-110 балів, а на висотах 1400-1500 м – знижується до 90-80 балів (макрорайон 2). В Кримських горах висотний градієнт  $B_k$  не перевищує 4-5 балів, а біокліматичний потенціал на висотах 600-700 м складає 130 балів, на висотах 900-1000 м - 120 балів, а на висоті 1200 м менше - 115 балів (макрорайони 4, 3).

Авторами також виконано розрахунки можливої біологічної продуктивності клімату в разі покращення умов зволоження до оптимальних. Розрахунки виконувалися за величиною коефіцієнта зростання за умовами зволоження, який складає одиницю, що спостерігається за величини  $Md$  за рік 0,50. Треба вказати на значне зростання величини біокліматичного потенціалу і бонітету клімату відповідно до 3,78 і 210 балів. На карті ж виділено вже 12 макрорайонів, які відрізняються за можливостями вирощування сільськогосподарських культур.

### **Питання до самоконтролю**

1. Дати визначення «бонітет клімату»;
2. Надати характеристику відомим методам розрахунку біокліматичного потенціалу і бонітету клімату;
3. Пояснити різницю методів розрахунку біокліматичного потенціалу і бонітету клімату Сапожнікової С.А., Шашко Д.І. і Міщенко З.А.
4. Охарактеризувати перевагу і недоліки визначення біокліматичного потенціалу та бонітету клімату кожного із методів;
5. Описати параметри, що входять до формул розрахунку біокліматичного потенціалу і бонітету клімату за кожним із відомих методів.

## 4 ФІТОКЛІМАТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПОЛІВ

Розглянуті методи розрахунку мікрокліматичних параметрів для деталізації агрокліматичних ресурсів на обмежених територіях базуються на даних актинометричних і метеорологічних спостережень стандартної мережі станцій, які розташовані на ділянках із природною підстильною поверхнею (трава, ґрунт). Тому вони не відповідають в повній мірі дійсним умовам середовища, які визначають ріст і розвиток рослин на сільськогосподарських полях. Природний мікроклімат може істотно змінюватися під впливом господарської діяльності людини. Сюди входить фітоклімат різних агроценозів, які завдяки особливостям біологічного розвитку своєю архітектонікою здатні створювати особливий мікроклімат.

На сільськогосподарських полях усередині й на поверхні стеблостою рослин створюється особливий метеорологічний режим. За інших рівних умов, із збільшенням площі листової поверхні й всієї біомаси відбувається перерозподіл складових теплового балансу у бік зростання витрат тепла на випаровування. Це спричинює, в свою чергу, значні зміни в умовах тепло - й вологообміну серед рослин на сільськогосподарських полях у порівнянні із природною підстильною поверхнею.

На цей час проведено значне число досліджень з фітоклімату й теплового балансу різних сільськогосподарських культур. Однак використання результатів цих досліджень досить обмежено у зв'язку з тим, що показники фітоклімату культурних рослин даються, в більшості випадків, без їх відповідної оцінки порівняно із природним фоном, тобто з конкретною підстильною поверхнею (трава, ґрунт). Незмірно вища цінність робіт із спробою кількісно оцінити фітокліматичні розбіжності в тепловому балансі й метеорологічному режимі поля, зайнятого тією або іншою культурою і природною підстильною поверхнею. До їх числа відносяться дослідження Н. О. Єфімової, М. Жапбасбаєва, Е. О. Ібрагімової, З. А. Міщенко, З. И. Ніколаєвої, Ф.А. Мумінова, Л. І. Сакалі.

Зростає інтерес до досліджень із фітоклімату різних агроценозів з урахуванням біометричних характеристик (висоти рослин, площі листків, біомаси) у зв'язку з розробкою фізіологічної теорії продуктивності сільськогосподарських рослин. Використання біометричних характеристик відкриває нові можливості для виявлення кількісних закономірностей формування теплового балансу й фітоклімату сільськогосподарських культур в залежності від структури рослинного покриву в різних регіонах.

#### 4.1 Особливості переносу сонячної енергії в рослинному покриві

Зі зміною радіаційного балансу всередині рослинного покриву пов'язані процеси тепло - й вологообміну в рослинному середовищі, які, в свою чергу, безпосередньо впливають на життєдіяльність і продуктивність культурних рослин. Виміри радіаційного балансу і його складових на різних рівнях усередині травостою сільськогосподарських культур проводилися в експедиційних умовах. Аналіз експериментальних даних показав, що ослаблення прямої радіації в рослинному покриві в залежності від площі елементів рослин можна описати експонентною кривою типу

$$S_{(z)} = S_0 \cdot e^{-aL}, \quad (4.1)$$

де  $S_{(z)}$  – пряма сонячна радіація, яка проникає всередину рослинного покриву до глибини  $z$ ;  $S_0$  - пряма радіація, яка попадає на поверхню рослинного покриву;  $a$  – коефіцієнт, який залежить від висоти сонця;  $L$  – відносна площа поверхні елементів рослин над рівнем  $z$ , яка відлічується від верхнього рівня рослинного покриву.

Залежність коефіцієнта  $a = K/\sin h_0$  від висоти сонця визначена Х. Г. Тоомінгом і Ю. К. Россом. Таким чином, для розрахунку коефіцієнта пропускання прямої радіації  $a_s = S_{(z)}/S_0$  можна використати формулу вигляду

$$a_s = e^{-\frac{K}{\sin h_0} \cdot L}, \quad (4.2)$$

якщо є дані тільки про відносну площу листків. З формул видно, що значення прямої сонячної радіації на різних рівнях усередині рослинного покриву визначаються величиною радіації, яка надходить на верхній рівень, висотою сонця й оптичними властивостями рослинного покриву (площею поверхні елементів рослин і коефіцієнтом  $K$ ).

Відповідно до теоретичних досліджень ослаблення короткохвильової сумарної радіації ( $Q$ ) всередині рослинного покриву описується формулою вигляду

$$Q_z = Q_h e^{-kz}, \quad (4.3)$$

де  $Q_h$  – сумарна радіація, яка надходить на верхній рівень рослинного покриву;

$z$  – висота, на якій визначається надходження радіації всередину стеблостою;

$L$  – відносна площа елементів рослин вищих від рівня  $z$ .

Коефіцієнт пропорційності  $K$  визначається експериментальним шляхом.

Аналіз теоретичних й експериментальних даних показав, що зменшення потоків сумарної й фотосинтетично активної радіації відбувається згідно з експонентним законом, при цьому найбільш інтенсивно поглинається ФАР. З огляду на визначальну роль прямої радіації в радіаційному балансі в денні години доби, а також на те, що зміна  $S$  по висоті всередині рослинного покриву підлягає експонентному закону, можна припустити, що зміна радіаційного балансу ( $R_z$ ) по висоті стеблостою рослин, також відбувається за експонентною у вигляді

$$R_z = R_0 \cdot e^{-a(h_0)L}, \quad (4.4)$$

де  $L$  – площа елементів біомаси, розташованих вище рівня  $z$ ;

$R_z$  й  $R_0$  - значення радіаційного балансу на рівні  $z$  і над рослинним покривом;

$a$  – коефіцієнт, який характеризує зменшення радіаційного балансу всередині рослинного покриву і, значною мірою, залежить від  $h_0$ .

На рис 4.1 представлена залежність відношення  $R_z / R_0$  від індексу листової поверхні  $L$  за різної висоти сонця, яка визначена на основі спостережень Н. М. Самаріної і Н. А. Єфімової на кукурудзяному полі та на полях з озимою пшеницею й озимим житом. Наочно видно, що із збільшенням  $aL$  відбувається значне ослаблення радіаційного балансу всередині стеблостою зернових культур. Таким чином, експериментальні спостереження, виконані в різних кліматичних умовах, дозволяють зробити висновок, що зміна радіаційного балансу по висоті усередині рослинного покриву зернових культур описується експонентною функцією й може бути розрахована при використанні емпіричних коефіцієнтів і даних з висоти сонця й площі елементів рослин.

#### **4.2 Вплив архітекτονіки різних культур на зміну складових теплового балансу**

Розглянемо, як змінюються складові теплового балансу на сільськогосподарських полях під впливом біометричних характеристик рослинного покриву. Для цієї мети залучені



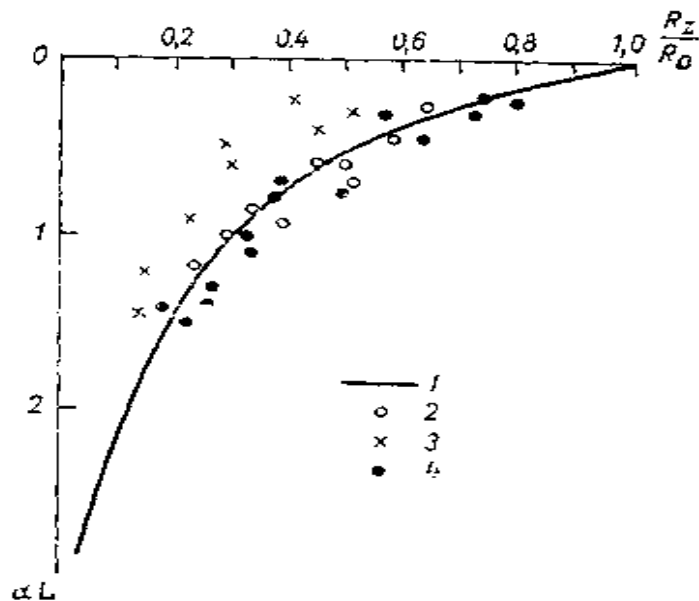


Рисунок 4.1 - Зміна радіаційного балансу у посівах зернових культур за спостереженнями. 1 – на полях з кукурудзою і озимою пшеницею (за даними Самаріної Н.М.); 2 – на полі з озимою пшеницею (за даними Н.А. Єфімової), 1-2 – липень, 1965 р. Ленінградська область; 3 – на полі з озимою пшеницею, травень, 1967 р., Гисарський район Таджикиської РСР; 4 – на полі з озимим житом, червень, 1966 р., Ленінградська область

результати фітокліматичних досліджень, проведених З. А. Міщенко та З.І. Ніколаєвої в різних кліматичних умовах – в Казахстані, Молдові, Росії й Україні.

Експериментальні спостереження за радіаційним і тепловим балансом, метеорологічним режимом на поверхні й усередині рослинного покриву на полях з озимою пшеницею, картоплею, баклажанами, сорго, бавовником, а також на виноградниках порівняно із природною підстильною поверхнею, проводилися за єдиною методикою. Одночасно проводилися вимірювання біометричних показників цих культур (висота рослин, площа листків, біомаса). Це дозволило авторам виконати кількісну оцінку фітокліматичної мінливості теплового балансу в залежності від архітекtonіки різних агроценозів. Наприклад, за спостереженнями в Калузькій області Росії (с. Криве, 1967 р.), незважаючи на більшу висоту рослин, площа листової поверхні й біомаса озимої пшениці була значно меншою, ніж у картоплі (табл. 4.1). Динаміка формування листової поверхні й біомаси всередині рослинного покриву також досить відрізняється (рис 4.2). У озимої пшениці в період формування репродуктивних органів індекс масової поверхні ( $S_{\text{л}}$ ) змінюється від 1,93 на початку молочної стиглості до 0,73  $\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  - на початку воскової стиглості. А у картоплі в період утворення суцвіть і цвітіння спостерігалось інтенсивне наростання площі бадилля й біомаси. Висота рослин збільшилася вдвічі, а індекс листової поверхні - майже в чотири рази –

від 0,83 до 3,5 м<sup>2</sup>·м<sup>-2</sup>. Відповідно до особливостей розвитку цих культур розподілилося формування сирової біомаси по вертикалі.

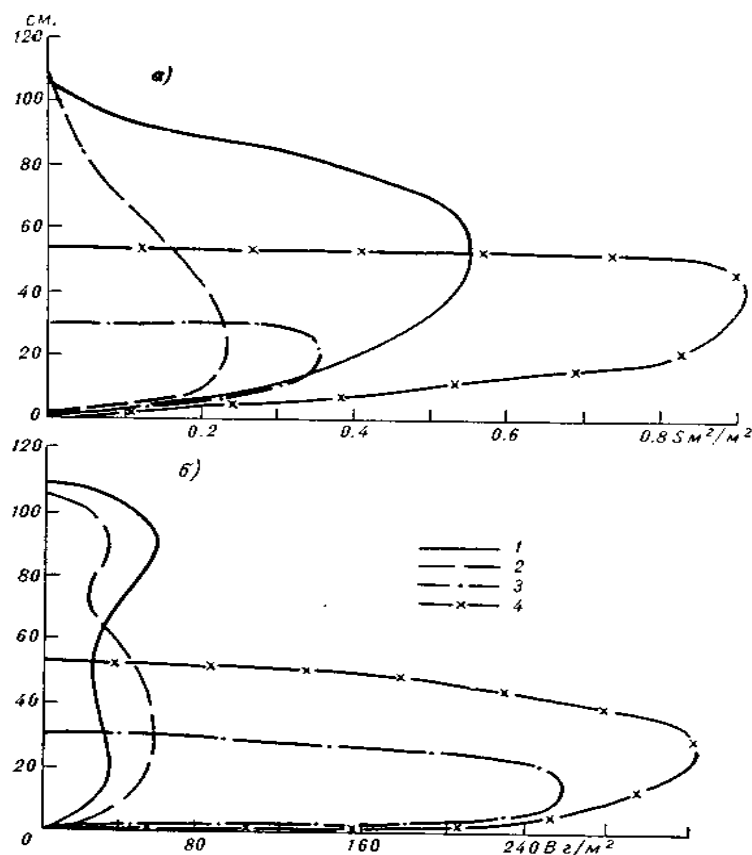


Рисунок 4.2 – Вертикальний розподіл листкової поверхні (а) і сирової біомаси (б) у посівах озимої пшениці (1, 2) і картоплі (3, 4)  
1- 3 червня; 2 – 8 червня; 3 – 18 червня; 4 – 2 липня період бульбоутворення

Під впливом біологічних особливостей розвитку рослин і різниці біометричних характеристик відбувається значний перерозподіл складових теплового балансу в денному ході (рис 4.3). За рахунок зменшення альбедо і зниження ефективного випромінювання радіаційний баланс (R) на полях з озимою пшеницею й картоплею виявився на 4 й 6 % вищим, ніж на контрольній ділянці зі скошеною травою. На полях з озимою пшеницею й картоплею більша частина радіаційного тепла, яке надходить на поверхню рослинного покриву, витрачається на сумарне випаровування. Так, на полі з озимою пшеницею при  $S_{\text{л}} = 1,42 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2} \text{ LE}$  у полуденні години на 40-50 % більше, ніж на ділянці із скошеною травою. На картопляному полі із більш потужною транспіраційною біомасою рослин ця різниця ще більша. Тут витрати радіаційного тепла на сумарне випаровування при  $S_{\text{л}} = 2,63 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  майже вдвічі більші, ніж на ділянці із скошеною травою. На цій контрольній ділянці, яка характерна для лісостепової

зони, основну витратну частину балансу складає турбулентний теплообмін ( $P$ ) між ділянкою поверхнею і повітрям.

Таблиця 4.1 - Біометрична характеристика посівів озимої пшениці й картоплі

Дата	Озима пшениця			Картопля		
	Висота, см	$S_L$ , $\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$	$B_c$ , $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$	Висота см	$S_L$ , $\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$	$B_c$ , $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$
20 VI	100	1.99	203	31	0.83	655
26 VI	100	1.59	179	42	2.56	973
2 VII	110	1.39	216	52	3.57	1368
8 VII	110	0.73	166	56	3.1	1262
14 VII	-	-	-	60	2.53	993
Середнє	105	1.42	188	45	2.63	1050

Примітка.  $S_L$  – індекс листової поверхні;  $B_c$  - сира біомаса рослин.

В табл. 4.2 представлені величини складових теплового балансу за день, усереднені за весь період спостережень, та співвідношення між ними. Наочно видно, що на ділянці із скошеною травою на  $P$  витрачається більше 54 % від  $R$ , в той час як витрати тепла на сумарне випаровування  $LE$  не перевищують 37 % від  $R$ . На полі із озимою пшеницею при  $S_L = 1,42 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ , 53 % від радіаційного балансу витрачається на сумарне випаровування і тільки 38 % від  $R$  - на турбулентний теплообмін  $P$ . На картопляному полі при  $S_L = 2,63 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  близько 64 % від радіаційного балансу витрачається на сумарне випаровування і 27 % на турбулентний теплообмін. Потік тепла у ґрунт мало відрізняється по культурах і становить не більше 9 % від  $R$ . Сумарним показником мінливості структури теплового балансу на малих відстанях в залежності від біометричних характеристик культурних рослин є відношення витрат тепла на випаровування до турбулентного теплообміну -  $LE/P$ . Як видно із табл. 4.2, на ділянці зі скошеною травою, де біомаса незначна, цей показник не перевищує 0,70. На полі із озимою пшеницею при індексі листової поверхні  $1,42 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  витрати радіаційного тепла на сумарне випаровування значно перевищують витрати тепла на турбулентний теплообмін і показник  $LE/P$  збільшується до 1,4. На полі з картоплею при  $S_L = 2,63 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  радіаційне тепло, яке витрачається на випаровування, значно зростає і більше ніж у два рази перевищує витрати тепла на турбулентний теплообмін, а показник  $LE/P$  дорівнює 2,42.

Отримані матеріали про значну фітокліматичну мінливість структури теплового балансу під впливом біометричних характеристик

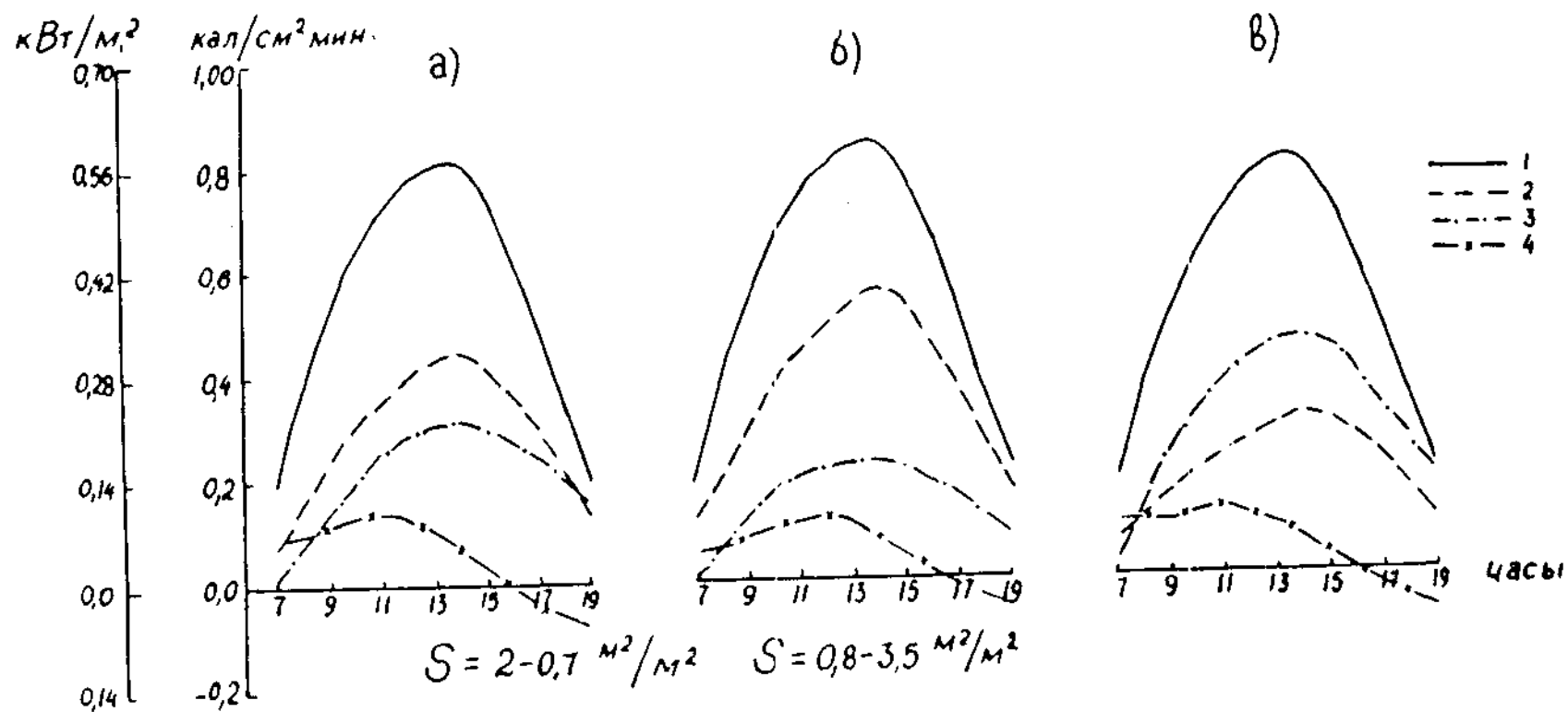


Рисунок 4.3 – Денний хід складових теплового балансу на полях із озимою пшеницею (а), картоплею (б), і скошеною травою (в) за період з малохмарною погодою в Калузькій області Росії. 1 – R, 2 – LE, 3 – P, 4 – B

Таблиця 4.2 - Денна сума складових теплового балансу й співвідношення між ними на полях з озимою пшеницею, картоплею й скошеною травою

Культура, $S_{\text{л}}$	$R$	$LE$	$P$	$B$	$LE/R$	$P/R$	$B/R$	$LE/P$
Озима пшениця ( $S_{\text{л}} = 1,42 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ )	17,89	9,47	6,75	1,68	0,53	0,38	0,09	1,40
Картопля ( $S_{\text{л}} = 2,63 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ )	18,23	11,77	4,86	1,59	0,64	0,27	0,09	2,42
Скошена трава	17,4	6,41	9,22	1,51	0,37	0,54	0,08	0,70

озимої пшениці і картоплі добре узгоджуються з аналогічними даними для сорго і незрошуваного бавовнику. Фітоклімат цих культур вивчала З.А.Міщенко в посушливих умовах Причорномор'я (Овідіопольський район Одеської області на полях Генетико-селекційного НДІ, 1966 р.).

Як видно із табл. 4.3, в дуже посушливих умовах південного степу на полі із сорго висота рослин була вдвічі вища, а листова поверхня і суха біомаса рослин в 3-4 рази більше, ніж на полях з бавовником. Ступінь затінення міжряддя на полі із сорго складав 70-80 %, а на полі із бавовником він не перевищував 50 %. Відмінність біометричних характеристик бавовника і сорго зумовила значну мінливість денного ходу складових теплового балансу (рис. 4.4). На полі із сорго радіаційний баланс на 4-6 % вищий, ніж на полі із бавовником. Більша частина радіаційного тепла на полі із сорго витрачається на сумарне випаровування, за різкого зменшення витрат тепла на турбулентний теплообмін з прилеглим шаром повітря. На полі ж із бавовником, за слабо розвиненого стеблостою рослин, основну витратну частину балансу складає турбулентний теплообмін.

Таблиця 4.3 - Біометрична характеристика посівів бавовнику і сорго

Показники Дата	Бавовник (цвітіння)			Сорго (викидання волоті)		
	Висота, см	$S_{\text{л}}$ $\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$	$B_{\text{с}}$ $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$	Висота см	$S_{\text{л}}$ $\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$	$B_{\text{с}}$ $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$
16 VII	30	0,48	59,9	85	2,22	161,0
25 VII	39	0,59	84,9	94	2,17	342,3
3 VIII	45	0,83	110,5	100	1,55	411,2

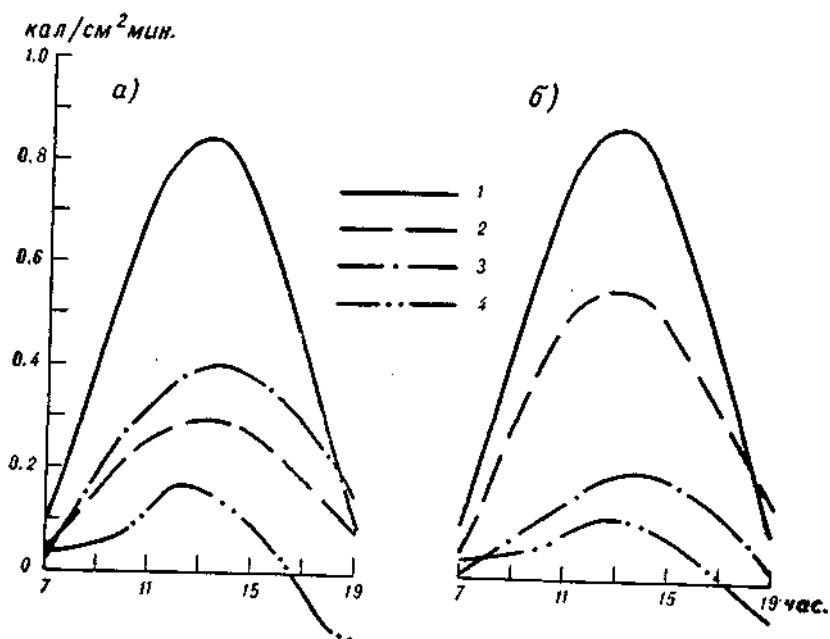


Рисунок 4.4 – Денний хід складових теплового балансу у посівах бавовнику (а) і сорго (б) за період з малохмарною погодою  
1 –  $R$ , 2 –  $LE$ , 3 –  $P$ , 4 –  $B$

Якщо звернутися до аналізу сум тепла за день, а також співвідношення складових теплового балансу, то можна побачити таке (табл. 4.4). На полі з бавовником, при індексі листової поверхні, яка не перевищує  $0,48-0,83 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ , на  $LE$  витрачається не більше 35-38 % від  $R$ , а на турбулентний теплообмін ( $P$ ) – 50-55 % від  $R$ . На полі із сорго, який утворює потужну транспіраційну біомасу (при  $S_L$  в межах  $2,22-1,55 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ ), 60-70 % радіаційного тепла витрачається на сумарне випаровування, а турбулентний теплообмін з прилеглими шарами повітря не перевищує 21-29 % від  $R$ . Потік тепла у ґрунт у сумі за день мало відрізняється по культурах і не перевищує 8-12 % від  $R$ .

Під впливом відмінностей архітектоніки рослин значно змінюється сумарний показник структури теплового балансу, тобто відношення витрат тепла на випаровування до турбулентного теплообміну –  $LE/P$ . Із табл. 4.4 видно, що на полі з бавовником при  $S_L$  в межах  $0,5-0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$   $LE/P$  не перевищує  $0,53-0,77$ . На полі ж з сорго при індексі листової поверхні  $1,65-2,22 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  сумарне випаровування значно збільшується і в 2-3 рази перевищує витрати радіаційного тепла на турбулентний теплообмін  $P$ . У цьому випадку показник  $LE/P$  змінюється в межах  $2,09-2,66$ .

Параметр	$S_L, \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$							
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2
$LE/P$	0,40	0,88	1,44	2,00	2,50	3,00	3,60	4,40

Таблиця 4.4 - Денні суми складових теплового балансу й співвідношення між ними на полях із сорго і бавовником

Культура	Тип погоди	R	LE	P	B	LE/R	P/R	B/R	LE/P
Сорго ( $S_L = 2,04 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ )	А	17,18	11,06	4,15	1,97	0,64	0,24	0,11	2,66
	Б	17,93	12,53	3,81	1,59	0,70	0,21	0,09	3,28
	В	15,67	9,47	4,52	1,68	0,60	0,29	0,11	2,09
Бавовник ( $S_L = 0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ )	А	16,30	6,24	8,17	1,89	0,38	0,50	0,12	0,77
	Б	17,00	6,32	9,26	1,42	0,37	0,55	0,08	0,68
	В	14,83	5,07	8,17	1,59	0,35	0,54	0,11	0,53

Примітка. А – малохмарна погода із швидкістю вітру  $\leq 2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ; Б – малохмарна погода із швидкістю вітру  $\geq 4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;  
В – середні значення за період спостережень

Із розглянутих матеріалів можна зробити такий висновок. При індексі листової поверхні у межах  $0,6-0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  перерозподілу складових теплового балансу не відбувається, тобто їх співвідношення такі ж, як і на метеорологічному майданчику із скошеною травою. Максимально фітокліматична різниця на сільськогосподарських полях виявляється в період інтенсивного формування листової поверхні і біомаси (не залежно від особливостей архітекtonіки рослин). За відсутності теплобалансових спостережень на сільськогосподарських полях показник  $LE/P$  можна, з певним припущенням, визначати за індексом листової поверхні -  $S_l, \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ .

#### **4.3 Фітокліматична мінливість вітрового потоку, температури і вологості повітря**

Під впливом архітекtonіки культурних рослин істотно змінюються показники метеорологічного режиму всередині й на поверхні рослинного покриву. З.А.Міщенко й З.І.Ніколаєва виконали кількісну оцінку фітокліматичної мінливості метеорологічних характеристик на сільськогосподарських полях, зайнятих озимою пшеницею, картоплею, баклажанами, сорго й бавовником. Так, було встановлено, що вітровий режим й умови турбулентного обміну значно змінюються на поверхні й усередині рослинного покриву озимої пшениці й картоплі в залежності від структури посіву та вертикального розподілу листової поверхні й біомаси (табл.4.5). Важливе значення має і висота стеблостою рослин. Найбільша різниця вітрового режиму за рахунок біометричної структури посіву спостерігається у шарі активної життєдіяльності картоплі й озимої пшениці. З віддаленням від поверхні стеблостою різниця згладжується й на рівні будки не перевищує  $0,5 \text{ м/с}$ . Найбільш значне ослаблення вітрового потоку під впливом стеблостою спостерігалось на полі із озимою пшеницею, де висота рослин була майже вдвічі більше, ніж у картоплі. Цей фактор виявився вирішальним, незважаючи на обернені співвідношення між площею листової поверхні й біомасою розглянутих культур.

Як видно з табл. 4.5, на полі із озимою пшеницею швидкість вітру вдень у шарі  $20 - 50 \text{ см}$  від поверхні ґрунту становить не більше  $15 - 40 \%$ , а на картопляному полі - відповідно  $30 - 60 \%$  від швидкості вітру на висоті  $2 \text{ м}$  на ділянці зі скошеною травою. На висоті  $1 \text{ м}$  від поверхні ґрунту ослаблення вітрового потоку невелике й на обох полях становить  $70 - 80\%$  швидкості вітру на стандартній висоті метеорологічної будки на ділянці зі скошеною травою. Усередині стеблостою озимої пшениці за рахунок ослаблення турбулентного



обміну швидкість вітру у шарі 20 - 50 см виявилася в 2 - 1,5 рази менше, ніж на відповідних рівнях на полі з картоплею.

Таблиця 4.5 - Денний хід відносних величин швидкості вітру ( $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ) на полях з озимою пшеницею ( $V$ ), картоплею ( $V_1$ ) у порівнянні зі скошеною травою ( $V_2$ )

Пара метр	Рівень (см)	Години						
		7	10	12	14	17	19	20
$V/V_2$	20	0,29	0,12	0,15	0,14	0,17	0,11	0,30
	50	0,29	0,41	0,40	0,36	0,39	0,28	0,10
	100	1,00	0,88	0,85	0,77	0,84	0,67	0,80
$V/V_2$	20	0,0	0,18	0,30	0,27	0,22	0,17	0,0
	50	0,43	0,71	0,70	0,54	0,78	0,61	0,70
	100	1,14	0,94	0,85	0,68	0,83	0,78	0,80

Аналогічні дані щодо фітокліматичної мінливості вітрового режиму й умов турбулентного обміну отримані на полях із сорго й бавовником. Як видно з рис.4.5а, з віддаленням від поверхні стеблостою рослин, різниця згладжується й на рівні будки не перевищує  $0,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Найбільше ослаблення вітрового потоку під впливом біометричних характеристик рослин спостерігається на полі із сорго, де на рівні 0,5 м швидкість вітру вдень виявляється в 3- 4 рази менша, ніж на полі з бавовником. Вплив структури посіву сильніше проявляється при посиленні вітру вдень до  $4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  і більше (рис.4.5 б). Помітне зменшення швидкості вітру усередині рослинного покриву сорго порівняно з бавовником пов'язане з ослабленням турбулентного обміну в більш густому стеблості.

Згідно із літературними даними, вплив стеблостою різних рослин на тепло- і вологообмін прилеглих шарів ґрунту й повітря максимально проявляється при індексі листової поверхні порядку  $4-5 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ , тобто коли площа біомаси рослин в 4 – 5 разів більша за площу поверхні ґрунту. В цих умовах ґрунт повністю затінений і найбільш активним шаром є поверхня потужного розвиненого зімкненого стеблостою. Як видно з даних табл. 4.6, на полях з картоплею й озимою пшеницею зберігається загальна закономірність вертикального розподілу температури повітря й ґрунту, характерна для оголеного ґрунту. Разом з тим є й істотні

розбіжності за рахунок біометричної структури посівів.

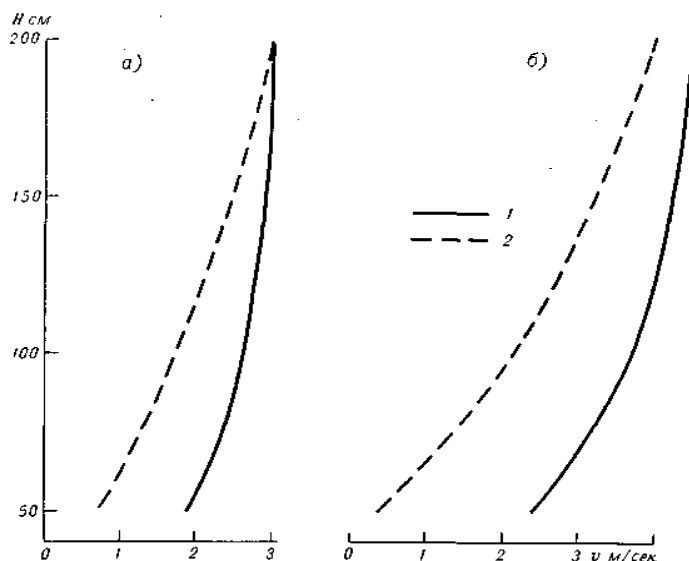


Рисунок 4.5 – Вертикальний профіль швидкості вітру на полях із бавовником і сорго за швидкості вітру/ а -  $\geq 2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , б -  $\geq 4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ; 1 – бавовник, 2 – сорго

Вдень в ясну погоду всередині рослинного покриву озимої пшениці й картоплі за рахунок ослаблення турбулентного обміну й зростання радіаційного тепла помітно тепліше, ніж на майданчику із скошеною травою. На рівні 20 см різниця температури повітря досягає відповідно  $2 - 2,5$  й  $1,5 - 2$   $^{\circ}\text{C}$ , на рівні 50 см від поверхні ґрунту вона не перевищує  $1$   $^{\circ}\text{C}$ , а на рівні будки ця різниця згладжує й не перевищує  $\pm 0,5$   $^{\circ}\text{C}$ . Вночі нормальне підвищення температури повітря з висотою, характерне тільки для ділянки зі скошеною травою. На полях з озимою пшеницею й картоплею тенденція до зростання температури повітря починається відповідно з рівня 100 й 50 см від поверхні ґрунту. На рівні 20 см  $T$  і  $T_1$  вищі на  $1,0 - 1,5$   $^{\circ}\text{C}$ , ніж на ділянці зі скошеною травою. У шарі 40 – 150 см від поверхні ґрунту характер співвідношень змінюється й температура повітря на полях з обома культурами може бути на  $0,5 - 1,0$   $^{\circ}\text{C}$  нижча, ніж на ділянці зі скошеною травою.

Як видно з табл. 4.6, вдень поверхня ґрунту під озимою пшеницею виявляється, в середньому, на  $8 - 10$   $^{\circ}\text{C}$ , а під картоплею на  $5 - 7$   $^{\circ}\text{C}$  нижча, ніж на ділянці зі скошеною травою. На глибині 20 см фітокліматична різниця температур згладжується й не перевищує  $1,0 - 1,5$   $^{\circ}\text{C}$ . Розглянемо особливості теплового режиму в усьому шарі життєдіяльності надземних і підземних частин рослин (рис. 4.6). На цьому рисунку показано відхилення значень температури ґрунту від температури повітря на рівні будки, тобто на висоті 150 см від поверхні ґрунту. У полуденні години найбільші відхилення спостерігаються на поверхні ґрунту. Причому поверхня ґрунту

Таблиця 4.6 - Денний хід температури повітря й ґрунту на полях з озимою пшеницею (  $T$ ,  $T_n$  ), картоплею (  $T_1$ ,  $T_{n1}$  ) і скошеною травою (  $T_2$ ,  $T_{n2}$  )

Темпера- тура, $^{\circ}\text{C}$	Рівень, см	Години					
		7	10	12	14	17	19
$T$	200	14,0	20,3	21,5	22,9	23,4	21,7
	80	14,0	21,3	22,0	23,9	23,6	22,1
	50	14,3	21,7	22,9	24,5	24,1	21,9
	20	14,2	22,3	24,1	25,6	24,5	22,0
$T_n$	0	14,9	25,7	31,3	32,7	27,8	22,3
	5	14,1	18,0	21,3	23,8	24,4	22,5
	10	14,7	16,4	18,4	20,7	22,1	21,7
	15	15,1	15,7	16,7	18,2	19,6	19,8
	20	15,8	15,7	16,3	17,1	18,2	18,4
$T_1$	150	14,0	20,2	21,8	23,2	23,4	22,2
	50	14,6	21,0	22,6	24,1	23,6	22,1
	20	14,0	21,7	23,3	24,9	24,5	22,1
$T_{n1}$	0	13,6	19,9	25,0	28,9	23,8	20,6
	5	13,8	16,1	17,9	19,9	20,4	19,6
	10	14,2	15,4	16,5	18,1	18,8	18,6
	15	14,6	14,8	15,4	16,2	16,9	17,2
	20	14,8	14,8	15,0	15,4	15,9	16,1
$T_2$	150	13,7	20,7	22,0	22,9	23,6	22,3
	50	14,0	21,5	23,0	23,8	24,1	22,2
	20	14,0	22,0	23,6	24,5	24,4	22,2
$T_{n2}$	0	16,0	31,4	39,9	41,5	34,6	23,4
	5	14,3	17,2	20,00	22,1	22,6	21,4
	10	15,1	17,0	19,0	20,7	21,7	21,3
	15	15,8	16,1	16,9	17,9	19,0	19,3
	20	16,2	16,2	16,5	17,2	18,1	18,4

під скошеною травою виявляється на  $18^{\circ}\text{C}$ , під озимою пшеницею на  $10^{\circ}\text{C}$  і під картоплею на  $6^{\circ}\text{C}$  тепліша за повітря. На глибині 20 см різниці температур змінюють знак і ґрунт під різними культурами може бути на  $5 - 8^{\circ}\text{C}$  холодніша за повітря на рівні будки. Не менш значні розбіжності у вертикальному профілі абсолютної вологості повітря ( $e$ ). Вдень усередині стеблостою картоплі абсолютна вологість повітря ( $e_2$ ) може бути у шарі 20 – 30 см на 3 – 4 мб більша, ніж на скошеній траві ( $e$ ) і на 2-3 мб більша, ніж у посіві озимої пшениці ( $e_1$ ). З віддаленням від рівня максимального розвитку листової поверхні вологовміст повітря падає й на рівні будки розходження між  $e$ ,  $e_1$ ,  $e_2$  згладжуються. Вночі абсолютна вологість повітря

у шарі 20 - 30 см на полях з озимою пшеницею й картоплею може бути на 1 - 1,5 мб більша, ніж на ділянці зі скошеною травою.

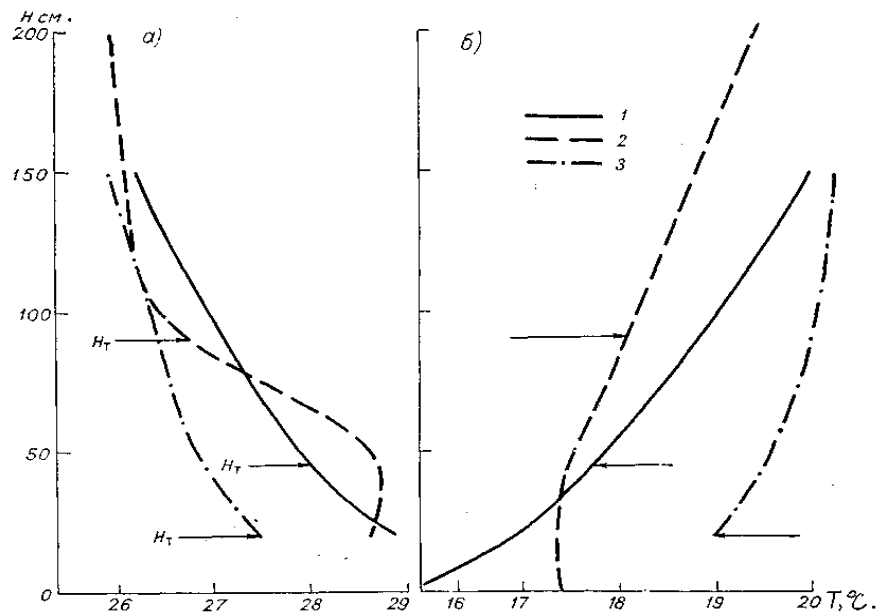


Рисунок 4.6 - Вертикальний профіль температури повітря вдень (а) і вночі (б) на рівні травостою ( $H_T$ ) на полях з: 1- бавовник, 2 – сорго, 3 – метеорологічний майданчик (скошена трава)

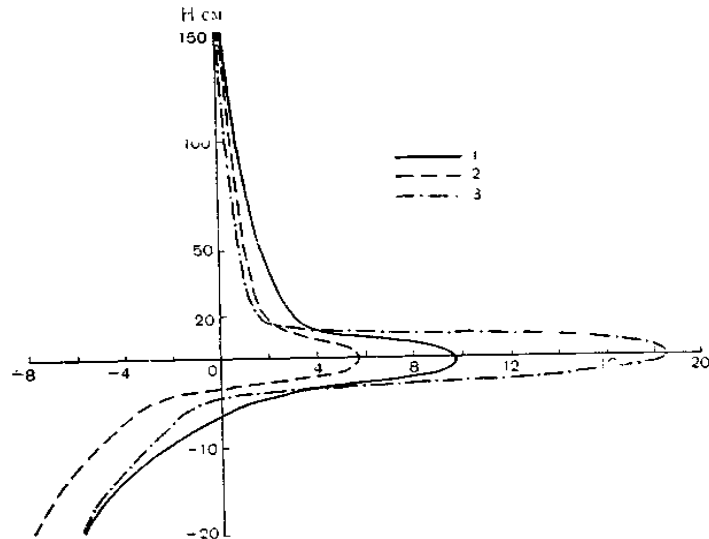


Рисунок 4.7 - Мінливість термічних характеристик ґрунту й повітря о 14 годині на посівах різних культур порівняно з температурою повітря на рівні будки. Поля: 1– бавовник, 2 – сорго, 3–метеорологічний майданчик (скошена трава)

Аналогічна закономірність спостерігається в температурно-вологісному режимі в південному регіоні на полях з бавовником і сорго. На рис. 4.7 представлено вертикальні профілі температури повітря в ясні

дні й ночі зі слабким вітром. Вдень усередині рослинного покриву бавовнику й сорго за рахунок ослаблення турбулентного обміну помітно тепліше, ніж на ділянці із сухою рідкою травою. Найбільший перегрів спостерігається на рівні максимального розвитку листової поверхні й становить на полі з бавовником  $1,0 - 1,5^{\circ}\text{C}$ , а на полі з сорго –  $1,5 - 2,0^{\circ}\text{C}$  порівняно з майданчиком зі скошеною травою.

Вночі співвідношення температур на рівні 20-50 см від поверхні ґрунту змінюється на зворотне. А саме, усередині стеблостою обох культур температура повітря виявляється на  $2-3^{\circ}\text{C}$  нижча, ніж на ділянці із травою. Вдень температура поверхні ґрунту під бавовником на 15- 25, а під сорго – на  $7-17^{\circ}\text{C}$  вища за температуру повітря на рівні будки, установлені на ділянці із травою. За рахунок різниці біометричних характеристик на полі з бавовником поверхня ґрунту, в середньому, на  $7-11^{\circ}\text{C}$  тепліша, ніж на полі із сорго, а при посиленні вітру до  $4\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  різниця не перевищує  $5-7^{\circ}\text{C}$ . Ґрунт на глибині 1- 20 см під бавовником на 2-3, а під сорго – на  $3- 5^{\circ}\text{C}$  холодніший, ніж повітря на рівні будки. В ясні ночі за рахунок інтенсивного випромінювання з поверхні листків відбувається вихолоджування повітря усередині стеблостою рослин на рівні 20-50 см на  $1,5-3,0^{\circ}\text{C}$  (перші цифри для бавовнику, другі для сорго).

#### **4.4 Особливості режиму зволоження ґрунту на сільськогосподарських полях**

Режим зволоження ґрунту на сільськогосподарських полях, зайнятих різними агроценозами, визначається, з одного боку, зональною мінливістю основних складових водного й теплового балансу, а з іншого - біологічними особливостями розвитку конкретної культури в період активної вегетації. Фітокліматична різниця запасів продуктивної вологи (ЗПВ) на полях з різними культурами максимально проявляється в період формування найбільшої зеленої маси рослин, коли індекс листової поверхні ( $S_d$ ) досягає  $2,5 - 3,5\text{ м}^2\cdot\text{м}^{-2}$ . При цьому варто визнати, що даних для кількісної оцінки фітокліматичної мінливості ЗПВ у ґрунті на полях з різними культурами порівняно з фоновими характеристиками цього показника (трава, цілина, чорний пар), недостатньо. Складність завдання полягає в необхідності систематизації матеріалів щодо ЗПВ календарно по фазах розвитку з урахуванням попередника, механічного складу ґрунтів, а також місця розташування у рельєфі.

Розглянемо особливості режиму зволоження ґрунту під різними культурами. Відповідно до досліджень А.М.Алпатьяєва, С.А.Веріго й Л.А. Разумової, встановлено, що оптимальні умови приросту листової поверхні й бульбоутворення картоплі створюються при ЗПВ порядку 90 - 100 мм у шарі ґрунту 0 - 50 см, де розташована основна маса коріння. В репродуктивний період потреба озимої пшениці у волозі знижується

й оптимальні умови для формування врожаю створюються при ЗПВ у шарі 0 - 100 см не менше 50 - 100 мм.

Дослідження З.А.Міщенко з фітокліматичної мінливості запасів продуктивної вологи у ґрунті на полях, зайнятих озимою пшеницею й картоплею, у лісостеповій зоні Росії з достатнім зволоженням показали таке. ЗПВ у шарі 0 - 50 см (рис.4.8 і табл. 4.7), достатні для нормального розвитку цих культур. Причому, за період спостережень у цьому шарі ґрунту ЗПВ змінювалися на картопляному полі від 90 до 70 мм, на полі з озимою пшеницею - від 62 до 38 мм і на ділянці зі скошеною травою - від 23 до 33 мм. Ці дані є несподіваними, й на перший погляд, суперечать існуючому уявленню про збільшення сумарного випаровування, за інших рівних умов, із зростанням вологозапасів у ґрунті. Можна було очікувати максимальної витрати вологи й, відповідно, зменшення вологозапасів у ґрунті під картоплею, у якій формується потужна, інтенсивно транспіруюча, порівняно з озимою пшеницею, а тим більше зі скошеною травою, біомаса. Але в умовах достатнього зволоження, коли витрати води майже не лімітуються її запасами, потужна біомаса рослин захищає ґрунт від перегріву й втрати вологи.

Порівняльна оцінка вологозапасів у ґрунті під обома культурами відносно контрольної ділянки із скошеною травою у вигляді  $W/W_2$  і  $W/W_1$  показала таке. На полі з картоплею, при індексі листової поверхні ( $S_L$ ) в межах  $2,5-3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ , затінення ґрунту складало 80-90 %. Випаровування відбувалося, в основному, за рахунок транспірації рослин і запаси вологи у ґрунті були більшими в 2,5-3 рази під картоплею і, приблизно, в 1,5-2 рази під озимою пшеницею, порівняно з ділянкою із скошеною травою.

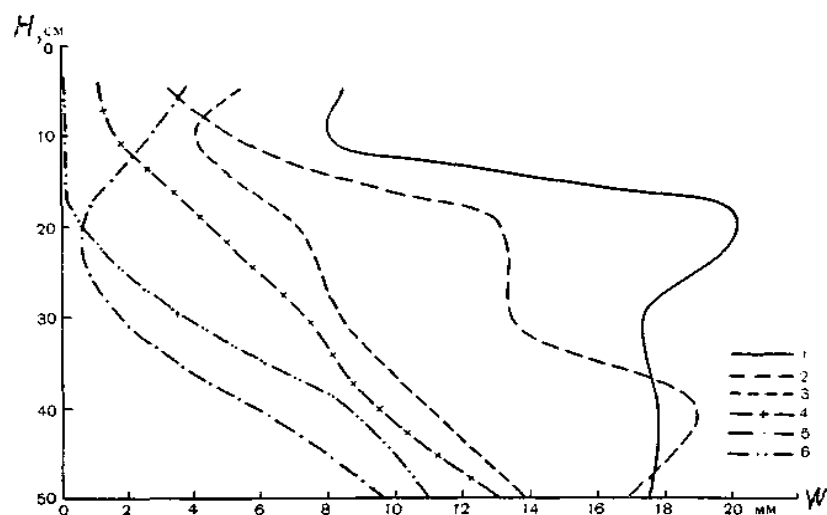


Рисунок 4.8 - Запаси продуктивної вологи у ґрунті (мм) на полях з озимою пшеницею, картоплею і скошеною травою.  
Картопля: 1 – 24 VI; 2 – 3 VII; озима пшениця: 3 – 24 VI; 4 – 3 VII; скошена трава: 5 – 24 VI; 6 – 3 VII

Таблиця 4.7 – Запаси продуктивної вологи (мм) на полях з озимою пшеницею ( $W$ ), картоплею ( $W_1$ ) і скошеною травою ( $W_2$ )

Шар грунту (см)	$W$			$W_1$			$W_2$		
	24 VI	3 VII	10 VII	24 VI	3 VII	10 VII	24 VI	3 VII	10 VII
0-5	5,4	1,2	3,6	8,5	3,2	5,5	3,7	0,0	2,0
5-10	4,0	1,7	4,4	8,0	5,2	6,8	2,7	0,0	2,3
10-20	7,1	4,4	8,3	20,3	13,1	15,9	0,6	0,6	5,2
20-30	8,4	7,4	11,8	17,5	13,4	15,0	1,7	3,9	4,7
30-40	11,0	9,3	16,2	17,9	18,9	19,4	5,9	8,5	8,5
40-50	13,9	13,1	17,3	17,6	16,9	19,4	9,7	11,0	10,3
0-50	49,8	37,1	61,6	89,8	70,6	82,0	24,3	23,1	33,0

На полі з озимою пшеницею, де індекс листової поверхні складав  $1,9-1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$  і затінення ґрунту не перевищувало 50 %, мало місце сумарне випаровування з поверхні ґрунту і рослин, внаслідок чого запаси продуктивної вологи виявилися значно меншими, ніж на полі з картоплею - в 1,5-2 рази більшими, порівняно з ділянкою із скошеною травою. Запаси продуктивної вологи на ділянці зі скошеною травою були низькими і визначалися інтенсивністю фізичного випаровування з дуже перегрітого ґрунту. Таким чином, фітокліматична мінливість запасів продуктивної вологи у ґрунті за період спостережень з 24 червня по 3 липня 1966 р. становила буквально на сусідніх полях 40-30 мм.

В дуже посушливих умовах південного степу (на півдні Одеської області України) спостерігався дещо інший розподіл запасів продуктивної вологи на полях з різними агроценозами. Згідно із даними спостережень, запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см були явно недостатніми для нормального розвитку рослин. За період спостережень в липні 1968 запаси продуктивної вологи змінювалися на полі з бавовником від 46 до 25 мм, а на полі із сорго – від 18 до 9 мм. В період літньої посухи індекси листової поверхні бавовнику і сорго були значно нижчі від можливого і не перевищували відповідно 0,48-0,83 і  $2,22-1,55 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ .

Найбільша фітокліматична різниця мала місце у шарі ґрунту 30-50 см. У цьому шарі під бавовником запаси продуктивної вологи виявилися в два рази більші, ніж під сорго з більш потужною біомасою рослин. Мабуть пояснення цьому факту треба шукати в біологічних особливостях культур, в тому числі, в розвитку кореневої системи. На відміну від бавовника, коренева система сорго більш потужна (проникає до глибини 2-3 м). Здатність сорго добувати воду із глибоких шарів ґрунту, а також економно її витрачати – одна із властивостей цієї культури, яка є “верблюдом” рослинного світу. До кінця періоду

спостережень волого запаси у ґрунті під обома культурами зменшилися приблизно в два рази. На полі із сорго запаси продуктивної вологи виявилися майже такими ж, як на ділянці зі скошеною травою, а на полі з бавовником – в два рази більші.

Зв'язок динаміки зволоження ґрунту з видом і станом сільськогосподарських культур особливо наочно проявляється у зоні повного весняного промочування. Згідно із багаторічними даними С.А.Вериги і Л.А.Разумової, фітокліматична різниця запасів продуктивної вологи під зерновими культурами відносно поля з чорним паром проявляється з їх розвитком впродовж вегетаційного періоду. В табл. 4.8 представлено дані запасів продуктивної вологи на третю декаду кожного місяця з травня по серпень. Відносні величини визначені шляхом порівняння запасів продуктивної вологи під культурами і на чорному парі. Наприклад, в кінці травня озима пшениця у фазі цвітіння витратила більшу кількість вологи на транспірацію, і тому запаси продуктивної вологи під нею виявилися меншими, порівняно із чорним паром, на 60 мм. В той же час на полі із кукурудзою у фазі сходи запаси продуктивної вологи зменшилися, порівняно із чорним паром, тільки на 25 мм. В кінці червня і в липні озима і яра пшениці в період дозрівання витрачають більшу частину ґрунтової вологи, і запаси продуктивної вологи під ними в цей час стають вже на 95-85 мм меншими, ніж на полі з чорним паром. Під кукурудзою, відповідно до часу дозрівання, зменшення витрати вологи на транспірацію відбувається на два місяці пізніше, ніж на полях з озимою і ярою пшеницею. Внаслідок чого, до кінця серпня запаси продуктивної вологи під кукурудзою виявилися меншими, порівняно з чорним паром, на 68 мм. Максимальний діапазон фітокліматичної мінливості запасів продуктивної вологи на полях з різними зерновими культурами становили у травні 45 мм, у червні – 75 мм, в липні – 56 мм, а в серпні тільки 12 мм.

Таблиця 4.8 – Фітокліматична мінливість запасів продуктивної вологи у ґрунті під зерновими культурами впродовж вегетації

Культури	Запаси продуктивної вологи, мм			
	травень	червень	липень	серпень
а) абсолютні значення				
Озима пшениця	90	43	50	56
Яра пшениця	115	55	40	52
Кукурудза	135	118	96	64
Чорний пар	150	139	136	132
б) відносні значення				
Озима пшениця	-60	-96	-84	-76
Яра пшениця	-35	-84	-94	-80
Чорний пар	-25	-21	-40	-68



#### 4.5 Тепловий баланс і фітокліматична мінливість термічного режиму культурних рослин

Самостійний інтерес має оцінка термічного режиму надземних частин різних агроценозів. На сільськогосподарських полях фітокліматична різниця проявляється в безхмарну погоду із слабким вітром. За цього типу погоди вдень величина радіаційного нагріву, тобто різниця температур “листок - повітря” ( $T_{\text{л}} - T_{\text{п}}$ ) завжди додатна і істотно змінюється в залежності від біометричних характеристик рослинного покриву (РП). Саме ця величина, на погляд численних дослідників, є комплексною характеристикою взаємодії рослин з навколишнім середовищем.

З.А. Міщенко виконала фітокліматичні дослідження з термічного режиму різних частин рослин порівняно з температурою повітря на рівні будки за період активної вегетації в регіонах СНД. Комплексні спостереження на сільськогосподарських полях, зайнятих озимою пшеницею, кукурудзою, картоплею, баклажанами, томатами, бавовником, сорго і на виноградниках проводилися за допомогою радіаційного термометра, датчиків ТР-11 РАФІ і термопавуків ГГО. Крім того, був застосований розрахунковий метод визначення температури РП, який базувався на рівнянні теплового балансу (див. формулу 4.5).

Розглянемо результати цих досліджень у зоні достатнього зволоження Росії (Калужська область, 1967 рік). Як видно із табл. 4.9, найбільший нагрів діяльної поверхні, порівняно з повітрям на рівні метеорологічної будки, спостерігається на ділянці зі скошеною травою, де ополудні різниця ( $T_{\text{л}} - T_{\text{п}}$ ) досягає 16-19 °С. Значний нагрів відзначався на полі з озимою пшеницею, РП якого незімкнений, в тому числі й незатінені ділянки ґрунту, ( $T_{\text{л}} - T_{\text{п}}$ ) складала 10-12 °С. На картопляному полі з потужною інтенсивно транспіруючою біомасою витрати тепла на турбулентний теплообмін з прилеглим повітрям істотно знижуються, що зумовлює відповідне зменшення різниці ( $T_{\text{л}} - T_{\text{п}}$ ) в полуденні години до 6-8 °С. В табл.4.9 представлені також коефіцієнти зміни  $T_{\text{w}}$  в денному ході на озимій пшениці і картоплі порівняно з фоном, тобто зі скошеною травою. Знаючи фонову величину  $T_{\text{w}}$  на заданий період, можна визначити відповідні значення температури рослинного покриву для будь-якої із розглянутих культур за формулами:

$$T_{\text{w1}} = T_{\text{w}} \cdot \gamma_1; \quad T_{\text{w2}} = T_{\text{w}} \cdot \gamma_2, \quad (4.5)$$

Тоді  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$  розраховуються за формулами

$$\gamma_1 = T_{\text{w1}} / T_{\text{w}} \quad \text{і} \quad \gamma_2 = T_{\text{w2}} / T_{\text{w}};$$

де  $T_w$ ,  $T_{w1}$  і  $T_{w2}$  – відповідно денна середня температура у метеорологічній будці, на полі з пшеницею і картоплею.

Про мінливість основних складових теплового балансу і різницю температур рослинного покриву та повітря над ним можна судити за даними рис. 4.9, де поєднано дві форми залежності параметрів  $LE$  і  $P$  з  $R$ , а також,  $P$  з  $(T_w - T_n)$  для цих культур. В залежності від індексу листової поверхні ( $S_L$ ,  $m^2 m^{-2}$ ) та потужності біомаси рослин спостерігається значна різниця у витратах тепла на випаровування  $LE$  і на турбулентний теплообмін з прилеглим шаром повітря  $P$ , за майже однакових значень радіаційного балансу  $R$ . З лівого боку рис.4.9 показана можлива мінливість різниці  $\Delta T_w = T_w - T_n$  денного ходу в залежності від  $P$ , при заданих  $LE$ .

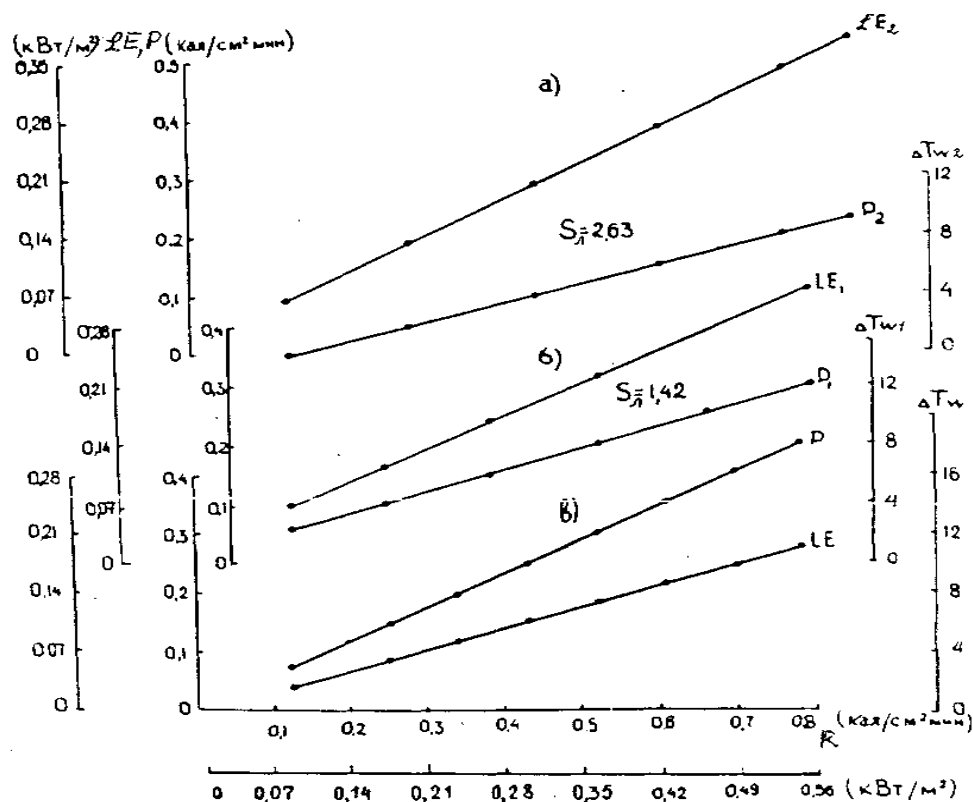


Рисунок 4.9- Фітокліматична мінливість складових теплового балансу і різниці температур рослинного покриву і повітря вдень на полях з картоплею (а), озимою пшеницею (б) і скошеною травою

Згідно із загальноприйнятою методикою оцінки вимог культур до тепла за середньодобовою температурою повітря на рівні метеорологічної будки, тобто на висоті 2 метра від поверхні ґрунту, розглянемо фітокліматичну мінливість температури надземних частин

рослин у верхньому, середньому і нижньому ярусах відносно цієї характеристики. До верхнього ярусу віднесена верхня третина висоти рослин, до середнього – рівень  $2/3$  висоти рослин, до нижнього ярусу – рівень  $1/3$  висоти рослин від поверхні ґрунту. Із табл. 4.9 видно, що за будь-якої орієнтації до сонця листки нижнього ярусу будуть тепліші від листків середнього і верхнього ярусів. Вертикальний градієнт температури рослин максимально проявляється на листках, орієнтованих перпендикулярно до сонячних променів, і може досягати в РП озимої пшениці  $2,0-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а всередині стеблостою картоплі –  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Причому, наприклад, листки озимої пшениці, орієнтовані ополудні перпендикулярно до сонця, виявляються у верхньому, середньому і нижньому ярусах відповідно на  $4,5$ ,  $5,5$  і  $7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  тепліші від повітря на рівні будки, а листки картоплі на тих же ярусах - відповідно на  $2,5-3,0$ ,  $3,5-4,0$  і  $4,0-5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 4.9 – Розрахункова температура діяльної поверхні на полях з озимою пшеницею ( $T_{w1}$ ), картоплею ( $T_{w2}$ ) і скошеною травою ( $T_w$ ), ( $^{\circ}\text{C}$ )

Параметр	Години					
	7	10	12	14	17	19
Абсолютні значення						
$T_{w1}$	14.4	27.9	32.2	34.7	31.6	27.1
$T_{w1} - T_w$	0.4	7.6	10.7	11.9	9.2	5.4
$T_{w2}$	14.0	27.0	29.5	31.2	29.5	26.0
$T_{w2} - T_w$	0	6.8	7.7	8.0	6.1	3.8
$T_w$	14.9	32.2	37.1	42.1	32.8	26.1
$T_w - T_{\Pi}$	1.2	11.5	15.0	19.2	9.2	3.8
Відносні значення						
$T_{w1} / T_{w2}$	0.97	0.86	0.87	0.83	0.96	1.04
$T_{w2} / T_{w2}$	0.94	0.84	0.80	0.74	0.90	1.00
$T_{w1} / T_{w2}$	1.03	1.03	1.09	1.11	1.07	1.04

На рис. 4.10 представлено денний хід різниці температур “листок-повітря” РП озимої пшениці і картоплі за різної орієнтації листків до сонця. Ополудні, максимальна різниця ( $T_{\Pi} - T_{\Pi}$ ) спостерігається на листках, орієнтованих перпендикулярно до сонячних променів і складає на полі з озимою пшеницею в нижньому ярусі  $6-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у верхньому ярусі -  $4-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а на полі з картоплею - відповідно в нижньому ярусі -  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у верхньому -  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Різниця ( $T_{\Pi} - T_{\Pi}$ ) помітно зменшується для листків, які орієнтовані під кутом до сонця і складає для озимої пшениці  $4-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а для картоплі -  $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Усередині стеблостою рослин можливий деякий перегрів листків,

навіть у тіні, порівняно з повітрям на рівні будки. Таким чином, діапазон фітокліматичної різниці  $T_{\text{л}}$  між озимою пшеницею і картоплею складає у нижньому ярусі РП 2-3 °С, а у верхньому - 1-2 °С.

В умовах південного степу (Одеська область України), за загального збільшення радіаційного тепла, на незрошуваних полях з бавовником і сорго спостерігається та ж закономірність розподілу температури листків усередині РП відносно температури повітря у будці (табл.4.10). Найбільший нагрів листків в денні години спостерігається на полі з бавовником ( $S_{\text{л}} = 0,53-0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ ), де вони орієнтовані перпендикулярно до сонячних променів. Їх температура виявилася у нижньому ярусі на 1,5 °С, а у верхньому – на 12 °С вищою за температуру повітря на рівні будки; на полі із сорго, при більш потужної біомаси ( $S_{\text{л}}=1,65-2,22 \text{ м}^2 \cdot \text{м}^{-2}$ ), температура листків, орієнтованих перпендикулярно до сонця, тільки на 7-8 °С вища за температуру повітря. Фітокліматична різниця термічного режиму надземних частин рослин між бавовником і сорго склала у верхньому ярусі РП 6 °С, в нижньому – 8 °С, а на поверхні ґрунту під обома культурами 12-14 °С. У шарі повітря на рівні будки вона згладжується і не перевищує 0,5-1,0 °С.

Із розглянутих матеріалів можна зробити такий висновок. Традиційний термічний показник у вигляді температури повітря на рівні будки, а тим більше, середня добова температура повітря та її сума, не відбивають в повній мірі реальні термічні умови на поверхні і всередині РП. І цей факт необхідно враховувати в агрокліматичних розрахунках, пов'язаних з оцінкою теплозабезпеченості конкретних рослинних спільнот, а також в моделях “погода-врожай”, “клімат-врожай”. Проте, для вирішення цих та інших прикладних задач необхідні подальші дослідження на різних групах культурних рослин з урахуванням їх архітекtonіки в різних кліматичних зонах.

## 5 АГРОКЛІМАТИЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ

Ефективність вирішення питань стратегії розвитку сільського господарства будь-якої країни пов'язана з наявністю і повнотою інформації про природні ресурси, які визначають потенційні можливості галузі. Особлива увага повинна приділятися агрокліматичній інформації як такий, що визначає кліматичні умови розміщення сільськогосподарських культур та технології їх вирощування (поширення хвороб і шкідників, агротехнічні заходи). Найкращою формою представлення агрокліматичної інформації для вирішення цих завдань є агрокліматичне районування територій.

Таблиця 4.10 – Денний хід температури листків рослин ( $T_{л}$ , °C), які по-різному орієнтовані до сонця у верхньому (в), середньому (с) і нижньому (н) ярусах

Години	T <sub>n</sub>	T <sub>л</sub> , ⊥ ○			T <sub>л</sub> < ○		T <sub>л</sub> , затінок		T <sub>л</sub> , середнє	
		В	С	Н	В	Н	В	Н	В	Н
Озима пшениця										
7	13,8	18,3	16,9	15,4	16,1	15,2	14,6	14,5	16,3	15,0
10	20,0	23,3	24,0	25,1	22,3	23,3	21,1	21,8	22,2	23,1
12	21,4	26,2	26,3	28,6	25,3	26,7	22,6	23,4	24,7	26,2
14	22,8	26,9	28,0	29,2	26,6	27,2	24,1	24,8	25,9	27,1
17	23,6	26,1	26,9	28,4	24,7	25,5	23,6	24,2	24,8	26,0
19	21,4	22,2	22,4	22,6	21,2	21,4	20,9	21,1	21,4	21,7
Картопля										
7	13,7	17,9	16,7	15,9	15,9	15,2	14,6	14,5	16,1	15,2
10	20,1	22,6	23,3	24,1	21,3	22,4	20,8	21,7	21,6	22,7
12	21,7	24,6	25,4	25,8	23,7	24,6	22,7	23,3	23,7	24,6
14	23,0	25,6	26,2	27,1	24,9	25,4	23,6	24,4	24,7	25,6
17	23,4	25,2	25,6	26,2	24,5	25,3	24,0	24,2	24,6	25,8
19	22,2	22,4	22,6	22,9	21,8	22,5	21,0	22,1	22,0	22,5

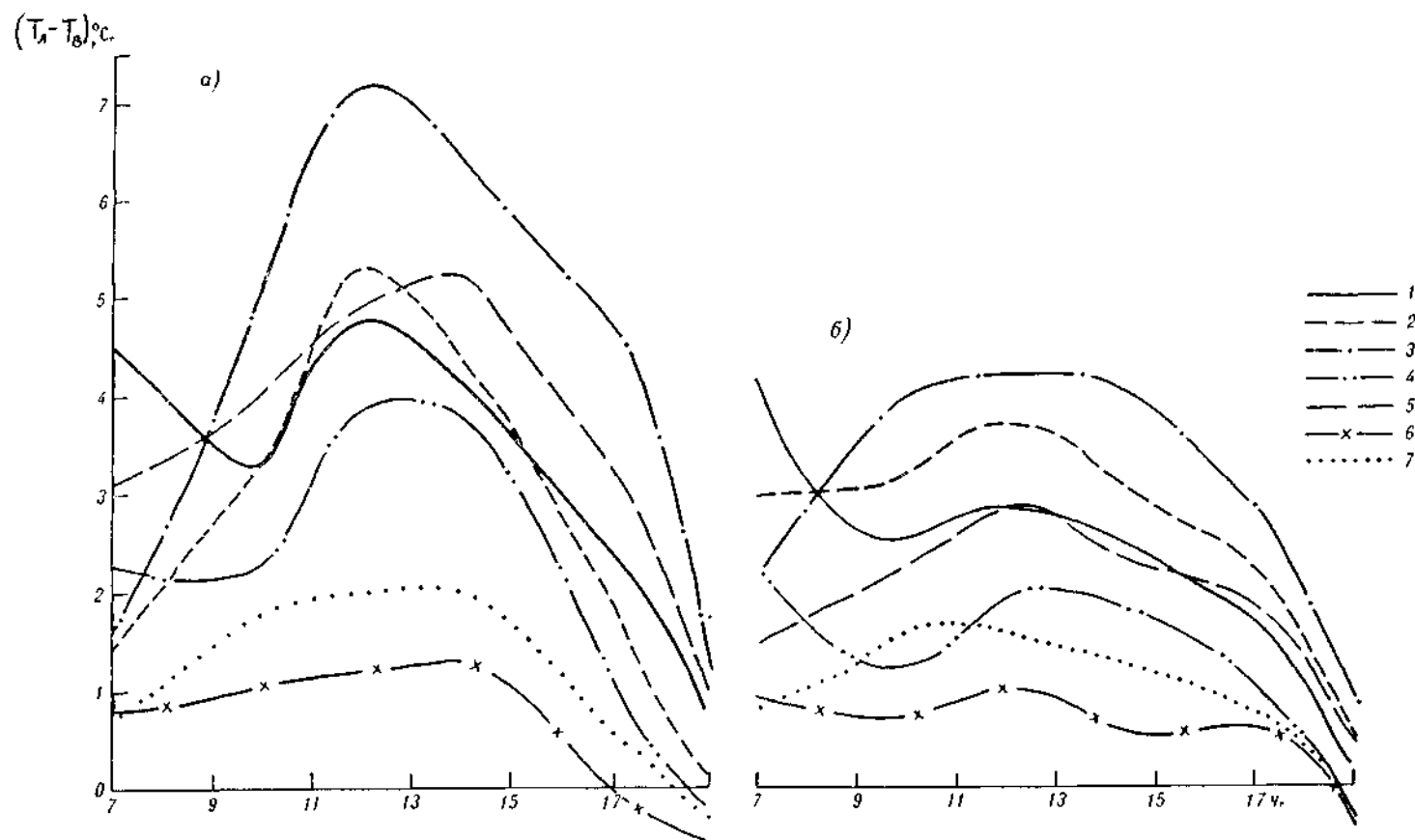


Рисунок 4.10 – Різниця температур “лист - повітря” у посівах озимої пшениці (а) і картоплі (б) за різної орієнтації листків до сонця. Яруси і орієнтація до сонця: 1 – верхній,  $\perp \odot$ ; 2 – нижній,  $< \odot$ ; 3 – нижній,  $\perp \odot$ ; 4 – верхній,  $< \odot$ ; 5 – середній,  $\perp \odot$ ; 6 – верхній, затінок, ; 7 – нижній, затінок

Дослідження, присвячені теоретичним і практичним аспектам агрокліматичного районування територій, започатковані на початку минулого століття. В фундаментальних роботах Селянінова Г.Т., Колоскова П. І., Попова В. П., Сапожнікової С. А., Давітая Ф. Ф., Чиркова Ю. І., Шашко Д. І. 30-60-х років сформульовані принципи і підходи до агрокліматичного районування, реалізація яких здійснена на прикладі територій бувшого СРСР, країн Східної Європи і Світу.

Агрокліматичне районування, як завдання поділу території на однорідні за агрокліматичними ресурсами ділянки, здійснюється за алгоритмом, аналогічним кліматичному районуванню, яке спрямоване на виділення територій, що відрізняються за кліматичними ресурсами. Формування кліматичних ресурсів територій визначається кількістю сонячного тепла, що надходить на земну поверхню, та його подальшим перерозподілом внаслідок макромасштабних циркуляційних процесів і типів підстильної поверхні. Кліматичне районування базується на оцінці просторового розподілу кліматичних ресурсів, зумовленого загальногеографічними факторами: географічною широтою і довготою місцевості, висотою над рівнем моря.

При розробці підходів і методів агрокліматичного районування територій враховувався досвід вирішення теоретичних і практичних питань кліматичного, загально географічного і природно-сільськогосподарського районування територій, які, в тому чи іншому вигляді, містять інформацію про клімат. А саме, підходи при обґрунтуванні критеріїв вибору показників, методика генералізації інформації, вибір вирішального правила при виділенні агрокліматичних таксономічних одиниць тощо.

На відміну від кліматичного, в основу агрокліматичного районування покладено принципи сільськогосподарської оцінки клімату – оцінка кліматичних ресурсів територій виконується стосовно вимог сільськогосподарських культур до них, насамперед, ресурсів світла, тепла, вологи і лімітуючих агрокліматичних умов як факторів їх життя. Це зумовлює необхідність, зважаючи на біологічні особливості сільськогосподарських культур, при виділенні територій різного таксономічного рангу (поясу, зони, області, сектора тощо), застосування невеликої кількості (2-3) агрокліматичних показників, які адекватно відбивають вимоги культур до клімату і, як наслідок, визначають різний ступінь сприятливості для них кліматичних умов.

Теорія і практика агрокліматичного районування територій розвивається паралельно в двох напрямках – загального і спеціалізованого агрокліматичного районування. Задача загального агрокліматичного районування полягає в оцінці агрокліматичних ресурсів території в цілому для сільськогосподарського виробництва, а тому поділ території здійснюється з врахуванням вимог більшості

сільськогосподарських культур. Спеціалізоване агрокліматичне районування здійснюється стосовно до окремих сільськогосподарських культур або певних складових агрокліматичних умов, що вимагає більш детальної оцінки агрокліматичних ресурсів. Тому при такому районуванні застосовується як більша кількість показників, які в повній мірі характеризують агрокліматичні умови усіх процесів розвитку цих культур, так і більша детальність в просторовому їх розподілі, з врахуванням впливу неоднорідностей підстильної поверхні.

Принципи районування територій в обох напрямках впродовж усього періоду залишаються однаковими і базуються на врахуванні біології сільськогосподарських культур. Методи ж агрокліматичного районування весь час удосконалюються разом із інтродукцією нових видів рослин, зміною асортименту сільськогосподарських культур, як результату селекції більш стійких сортів до лімітуючих агрокліматичних факторів, удосконалення технічного устаткування та програмного забезпечення. Пропонуються нові агрокліматичні показники, ступінь деталізації агрокліматичних умов у відповідності з вимогами культур, підвищується рівень врахування мезо- і мікомасштабних циркуляційних процесів в умовах різних типів підстильної поверхні, удосконалюються методи просторово-часової генералізації агрокліматичної інформації тощо.

## **5.1 Методи загального агрокліматичного районування територій**

Найбільшого поширення в рамках загального агрокліматичного районування набули шість методів, розроблених Селяніновим Г. Т., Колосковим П.І., Сапожніковою С.А., Поповим В.М., Бабушкіним Л. М. і Шашко Д. І. Перші три схеми можна віднести до галузевого типу районування, схеми Попова В. М. і Бабушкіна Л. М. – до агрокліматичного районування в межах загального природного районування, а схему Шашко Д. І. – як поєднання агрокліматичного і природно-сільськогосподарського районування. Незважаючи на певну різницю в показниках (табл. 5.1), які застосовуються в різних схемах агрокліматичного районування, і виборі діапазону величин цих показників в межах однієї таксономічної одиниці, поділ території на окремі таксони за всіма схемами здійснюється таким чином:

- теплові пояси виділяються за сумою температур, як основним показником ресурсів тепла;

- зони зволоження виділені за комплексним показником зволоження;

- агрокліматичні області виділяють за умовами перезимівлі.

Перше агрокліматичне районування було виконане для



території СРСР Селяніновим Г. Т. в 30-х роках минулого століття, де за показником суми температур за період з температурами вище 10 °С виділено чотири термічні пояси: арктичний, полярний, помірний і субтропічний. Термічні пояси поділялися на підпояси з кроком 400 °С. Оцінка умов зволоження виконувалася за запропонованим ним показником - гідротермічним коефіцієнтом Селянінова (ГТК) за червень-серпень, за яким виділялись зони і підзони зволоження. Для кожного виділеного поясу надавався перелік сільськогосподарських культур, забезпечених теплом, а назва зон і підзон - за переважаючою культурою, наприклад, зернова зона, льоно-картопляна підзона із злаковими.

В наступні роки Селянінов Г.Т. свій метод районування удосконалив. Була удосконалена методика, яка включала систему агрокліматичних показників і систему таксономічних одиниць агрокліматичного районування. Основною таксономічною одиницею пропонувалось вважати тепловий пояс за ресурсами тепла, основним показником яких є сума температур (активних) повітря за період з температурою вище 10 °С. Кроком районування за Селяніновим Г. Т. взята величина в 200 °С для рівнинних територій і 400 °С – для гірської. Саме сума в 200 °С характеризує зміну видового складу рослин, а також сорти зернових, технічних та овочевих культур, які відрізняються за строками досягання. Ця методика була реалізована при агрокліматичному районуванні території бувшого СРСР, Східної Європи і Світу. Результати районування були представлені у вигляді дрібномасштабної карти СРСР і світу і були видані в агрокліматичному атласі світу. Усього виділено такі теплові пояси: арктичний (антарктичний), по два полярних, помірних, субтропічних і тропічних, екваторіальний. На території бувшого СРСР виділено п'ять теплових поясів.

1. Арктичний пояс. Середня температура найтеплішого місяця нижче 10 °С. Землеробство можливе лише в закритому ґрунті. Основними є оленярство й мисливство.

2. Полярний. Середня температура найтеплішого місяця нижче 15 °С, а сума температур вище 10 °С на південній межі становить 1000- 1200 °С. Вегетаційний період триває менше 100 діб, а цілодобовий день в липні сприяє прискореному розвитку рослин. Тут може бути поширене осередкове землеробство – у відкритому ґрунті можуть вирощуватися невимогливі до тепла швидкостиглі культури – коренеплоди, капуста, рання картопля та холодостійкі листяні овочі.

3. Помірний. Пояс охоплює більшу частину бувшого СРСР, кліматичні умови характеризуються значною різноманітністю. Тут чітко виділяються чотири сезони, а також один вегетаційний період і період зимового спокою. Середня температура найтеплішого місяця

Таблиця 5.1 – Агрокліматичні показники, прийняті для загального агрокліматичного районування територій

Агрокліматичні умови	Автори			
	Селянінов Г. Т.	Колосков П. І.	Сапожнікова С. А.	Шашко Д.І.
Ресурси тепла	Сума температур за період з температурою вище 10°C ( $\Sigma T \geq 10^\circ C$ )	Сума температур за теплий період ( $\Sigma T \geq 0^\circ C$ )	Сума температур за період з температурою вище 10°C ( $\Sigma T \geq 10^\circ C$ )	Сума температур за період з температурою вище 10°C ( $\Sigma T \geq 10^\circ C$ )
Ресурси вологи	Гідротермічний коефіцієнт Селянінова $ГТК = \left( \frac{\Sigma_{опадів}}{0,1 \Sigma T \geq 10^\circ C} \right)$ за червень-серпень)	Показник зволоження Колоскова $Кріч = \frac{H}{\Sigma(E - e)}$	Гідротермічний коефіцієнт Селянінова $ГТК = \left( \frac{\Sigma_{опадів}}{0,1 \Sigma T \geq 10^\circ C} \right)$	Показник зволоження Шашко $(Md = \frac{\Sigma_{опадів}}{\Sigma(E - e)})$ за рік
Умови перезимівлі	Середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря ( $\overline{T_{min}}$ )	Температура найхолоднішого місяця ( $T_x$ ), сума температур за холодний період ( $\Sigma T \leq 0^\circ C$ )	Середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря ( $\overline{T_{min}}$ ) та ґрунту на глибині вузла кушіння 3 см і на глибині 25 см	Середня температура найхолоднішого місяця, середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря ( $\overline{T_{min}}$ ) та ґрунту на глибині вузла кушіння 3 см і на глибині 25 см

вище 15 °С, а сума активних температур вище 10 °С змінюється від 1000-1200 °С на північній межі до 3500 °С – на південній. Тривалість вегетаційного періоду змінюється від 40 до 200 діб. Середній із абсолютних мінімумів температури повітря коливається від -50 до -10 °С і відзначається період зі стійким заляганням снігового покриву, за винятком території на південній межі. Річна кількість опадів змінюється в значному діапазоні. На більшій площі цього поясу можливе вирощування великого набору сільськогосподарських культур, біологічний мінімум яких становить 5-10 °С. В південній частині можливе вирощування теплолюбних овочевих, плодових і ягідних культур. За винятком південних районів, де можливі пожнивні посіви, збирається тільки один врожай.

4. Субтропічний пояс. Середня температура найтеплішого місяця вище 20 °С, а сума активних температур коливається від 3500-4000 до 6000 °С і вище. Середня температура найхолоднішого місяця вище 0 °С, а середній із абсолютних мінімумів температури повітря – вище -10 °С. Зимові морози мають характер заморозків помірного поясу. В цьому поясі можливе вирощування субтропічної групи однорічних і багаторічних культур, вічнозелена деревинна рослинність. Можливий збір двох врожаїв в рік.

5. Тропічний пояс. Цей пояс характеризується значними тепловими ресурсами, які забезпечують цілорічну вегетацію культур. Середня температура найхолоднішого місяця складає 15-20 °С, середній із абсолютних мінімумів температури вологи – вище 5 °С, а річна амплітуда температур не перевищує 5-8 °С за значної добової амплітуди. Сума активних температур тут коливається від 6000 до 10000 °С. Пояс поділяється на два підпояси. Перший і другий під пояси, де суми температур становлять 6000-8000 і 8000-10000 °С, охоплюють відповідно території на межі з субтропічним поясом та підвищенні плоскогір'я та низовинні приекваторіальні райони. Річна кількість опадів коливається від 100-150 мм в тропічних пустелях до 10000-12000 мм – в зонах надмірного зволоження. Землеробство тут формується на основі багаторічних культур, а однорічні культури висівають декілька разів на рік. Екологічною особливістю культур цього поясу є нестійкість до знижених додатних температур, наявність незакінченого циклу розвитку багаторічних культур, яка проявляється в наявності одночасно різних генеративних органів, затягування вегетації однорічних культур при збільшенні тривалості дня.

За характером зволоження термічні пояси поділяються на зони з певними прийомами землеробства щодо регулювання вологості ґрунту. Перша зона надмірного зволоження, з ГТК вище 1,5-2,0, де необхідним заходом є дренаж. Друга зона достатнього зволоження з ГТК від 1,1 до 1,5. Третя посушлива зона з ГТК 0,8-1,0. В четвертій посушливій і п'ятій

дуже посушливій зонах з ГТК 0,5-0,8 і нижче 0,5 необхідним заходом є зрошення. За режимом річних опадів виділяють підзони зимових опадів з сухим літом (середземноморський), літніх опадів з сухою зимою (мусонний), періодичного зволоження, напівпустель і пустель. За методом загального агрокліматичного районування Колоскова П. І. територія земної кулі поділяється на п'ять теплових поясів (I, II, III, IV, V) - за ресурсами тепла, шість зон (А, Б, В, Г, Д, Е) - за режимом зволоження, 7 областей - за суворістю зими. Теплові пояси виділені за сумою додатних температур  $\Sigma T \geq 0^{\circ}\text{C}$  і пов'язані із зональним розподілом природної рослинності в умовах достатнього зволоження (табл.5.2). Зони виділені за ступенем зволоження, який визначається за показником зволоження Колоскова П. І. (табл. 5.1). Зони співвіднесені з ґрунтовим і рослинним покривом (табл.5.3).

Таблиця 5.2 – Теплові пояси світу в агрокліматичному районуванні Колоскова П. І.

Пояс	$\Sigma T \geq 0^{\circ}\text{C}$	Рослинність
I Арктичний	< 1000	Тундра
II Полярний Х- більш холодна половина Т – більш тепла половина	1000- 2000 1000- 1500 1500- 2000	Хвойні ліси
III Помірний Х - більш холодна половина Т – більш тепла половина	2000- 4000 2000- 3000 3000- 4000	Широколистяні змішані ліси
IV Субтропічний	4000- 8000	Субтропічні ліси
V Тропічний	> 8000	Тропічні ліси

За умовами перезимівлі, які визначаються за сумою від'ємних температур  $\Sigma T \leq 0^{\circ}\text{C}$ , виділено 7 областей за ступенем суворості зими (табл. 5.4). За поєднанням вказаних таксономічних одиниць в районуванні Колосков П. І. виділяє агрокліматичні регіони, які, в свою чергу, поділяються на провінції. Регіони характеризуються однорідним кліматичним потенціалом стосовно сільськогосподарських культур. Як правило, один агрокліматичний регіон вкладається в один тепловий пояс, одну зону зволоження та одну область суворості зими і однорідний за ґрунтовим покривом і рослинністю.

За методом Сапожнікової С. А. в загальному агрокліматичному районуванні запропонована система таксономічних одиниць та критерії їх виділення, аналогічні методу Селянінова Г. Т. Пояси виділяються за ресурсами тепла по сумі активних температур вище  $10^{\circ}\text{C}$ , зони – за

Таблиця 5.3 – Зони зволоження в агрокліматичному районуванні Колоскова П. І.

Зона	Зони за ступенем зволоження	Показник зволоження	Рослинність	Ґрунти
А	Суха	< 2	Пустеля	Пустельні
Б	Посушлива	2- 4	Напівпустеля	Бурі
В	Недостатнього зволоження	4-8	Степ	Каштанові
Г	Помірного зволоження	8-16	Лісостеп	Чорноземні
Д	Достатнього зволоження	16-32	Ліс	Підзолисті
Е	Надмірного зволоження	> 32	Болото, тундра	Болотні, тундрові

Таблиця 5.4 - Області суворості зими

Ступінь суворості зими	$\Sigma T \leq 0^{\circ}\text{C}$
1.Дуже м'яка	< 500
2.Мяка	500- 1000
3.Типічно руська	1000- 1500
4.Більш холодна	1500- 2000
5.Холодна	2000- 4000
6.Сувора	4000- 6000
7.Жорстка	> 6000

зволоженням по величині ГТК Селянінова і області – за умовами перезимівлі по середньому із абсолютних річних мінімумів температури повітря. Але в методі Сапожнікової С. А. виконана низка доробок, яка значно удосконалює систему виділення таксономічних одиниць районування. Наприклад, здійснюється уточнення меж теплових поясів в районах з континентальним типом клімату, який характеризується особливостями термічного режиму. В районах з різко вираженим континентальним кліматом відзначається збільшення добової амплітуди температур і суми денних температур. Підвищений рівень денних температур зумовлює забезпеченість теплом процесів фотосинтезу рослин за значно нижчого рівня середньодобових температур. Поясні межі за сумами середньодобових температур зсуваються на 100-200 °С

(на північ). При встановленні меж зон зволоження Сапожнікова С. А. пропонує диференційовану шкалу гідротермічного коефіцієнта. В районах із мусонним типом клімату природним зонам присвоюється дещо більше значення ГТК.

Загальне агрокліматичне районування СРСР, виконане Сапожніковою С. А., вперше містило оцінку потенційної продуктивності клімату помірного поясу для зернового господарства. На основі результатів досліджень залежності врожайності зернових культур від кліматичних умов надана балова оцінка продуктивності (бонітету) клімату (табл.5.5). Як наочно видно з представленої таблиці, за однакових умов зволоження бонітет клімату збільшується від холодного до теплого поясу і зменшується із погіршенням умов зволоження.

Таблиця 5.5 – Потенційна продуктивність зернових культур(в балах)

Зони і підзони зволоження		Термічні підпояси		
		помірно теплий	теплий	жаркий
Достатнього зволоження		3	5	10
Посушлива	Мало посушлива	3	4	9
	Посушлива	2	4	8
	Дуже посушлива	2	3	6

Представляє інтерес загальне агрокліматичне районування світу, виконане в рамках природно-сільськогосподарського районування Шашко Д. І. (рис.5.1). Виділення таксономічних агрокліматичних одиниць здійснювалося за показниками, наданими в табл.5.1. Усього виділено чотири пояси за сумою температур за період з температурою вище 10 °С: холодний, помірний, теплий і жаркий. В першому, холодному, поясі суми температур змінюються від менше 400 до 1200 °С. Пояс поділяється на дуже холодний і холодний підпояси з сумами температур менше 400 і 400-1200 °С, де відповідно можливе вирощування овочевих культур в закритому ґрунті і рослин зі зниженою потребою в теплі.

Другий, помірний пояс, поділяється на холодно-помірний і помірний підпояси, для яких суми температур відповідно складають 1200-2200 і 2200-4000 °С. В першому підпоясі рекомендуються до розміщення культури зі зниженою потребою в теплі – зернові першої групи, зернобобові і холодостійкі овочеві культури. В другому ж підпоясі можливе вирощування зернових другої групи, зернобобових, теплолюбних овочевих, плодових і ягідних культур, винограду.

В третьому, теплому, поясі виділено два підпояси (помірно-

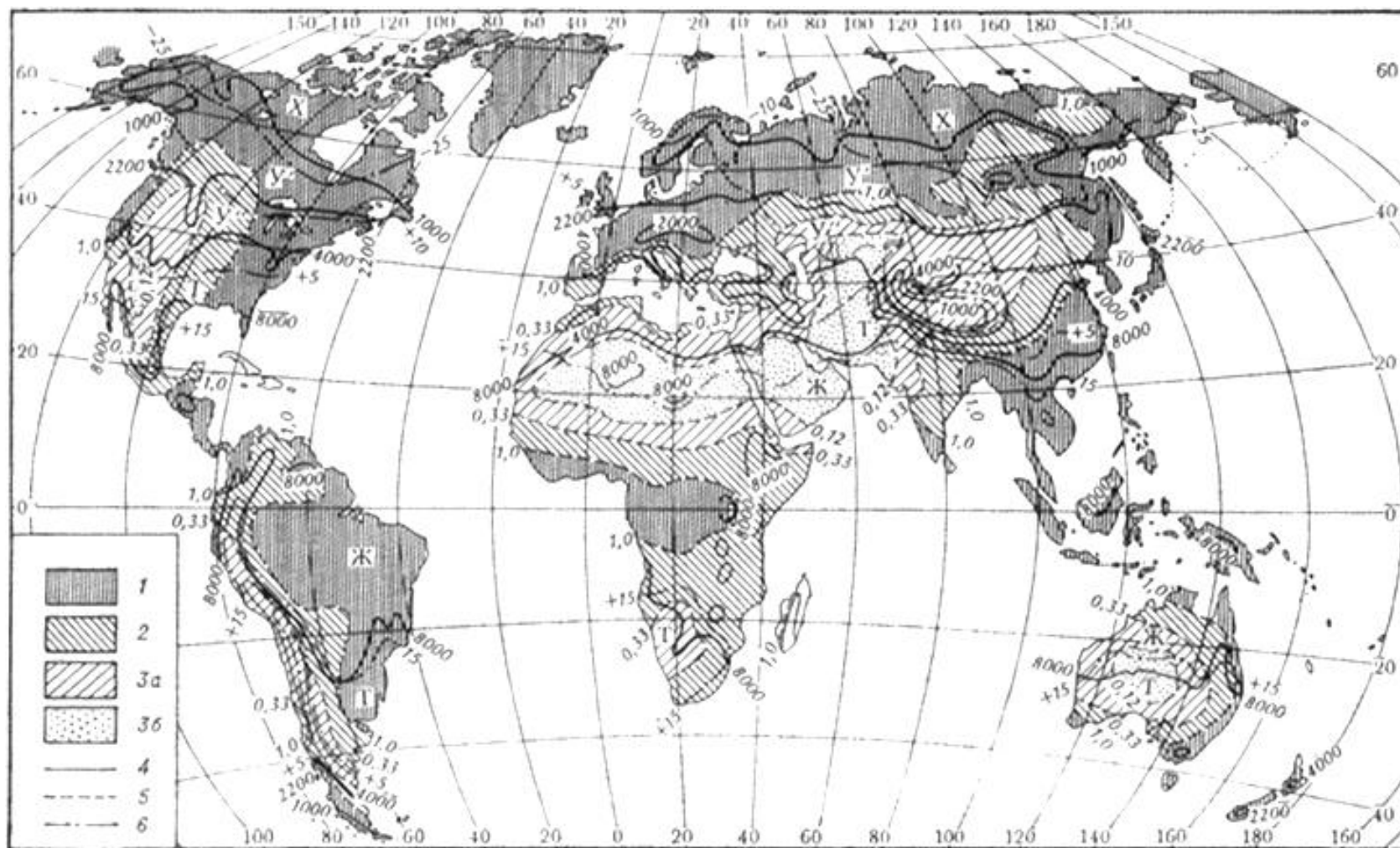


Рисунок 5.1- Агрокліматичне районування світу Шашко Д. І.

теплий і теплий) з сумою температур 4000-6000 і 6000-8000 °С. Відповідно в першому підпоясі рекомендовано вирощування однорічних теплолюбних культур з тривалим вегетаційним періодом, а в другому підпоясі – субтропічних багаторічних культур. Четвертий, жаркий, пояс охоплює території, де сума температур вище 10 °С складає 8000 °С і вище. Тут рекомендований найбільший асортимент теплолюбних культур, в тому числі тропічних.

За умовами зволоження, які оцінюються за величиною показника зволоження Шашко  $Md$ , виділено три зони з рядом підзон. В табл.5.6 надано шкалу класифікації клімату за умовами вологозабезпеченості в межах одного теплового поясу – помірного та їх прив'язку до природних зон. В цьому поясі виділено три області за типом зволоження – Д, Н і С – область достатнього, недостатнього і незначного зволоження, для яких величина  $Md$  змінюється від більше 0,60 до 0,05.

Умови морозонебезпечності оцінюються за ступенем суворості зими за розробленою шкалою класифікації клімату, яка здійснена за середньою температурою найхолоднішого місяця. За цим показником виділено п'ять типів зими: тепла, м'яка, холодна, сувора, жорстка. Кожен із типів поділяється на підтипи. Перший тип – тепла зима, поділяється на два підтипи – дуже тепла і тепла з температурою найхолоднішого місяця відповідно вище 10 і 5...10 °С. За цього типу можлива перезимівля субтропічних багаторічних культур. Другий тип – м'яка зима, яка поділяється на дуже м'яку, м'яку і помірно м'яку з температурою 5...0, 0...-5 і -5...-10 °С. Відповідно за першого підтипу умови перезимівлі цілком сприятливі для холодостійкої групи субтропічних культур, за другого підтипу – для теплолюбної групи плодових культур і винограду, а за третього підтипу – тільки для яблуні, груші, сливи і холодостійких сортів абрикоса та винограду. Третій тип зими – холодна, поділяється на три підтипи - помірно холодну, холодну і дуже холодну з середньою температурою найхолоднішого місяця відповідно -10...-15, -15...-20 і -20...-25 ° С. Четвертий тип зими – суворої зими, поділяється на помірно сувору, сувору і дуже сувору з температурами -25...-30, -30...-35 і -35...-40 °С, а п'ятий тип жорсткої зими поділяється на жорстку і дуже жорстку з температурою -40...-45 і нижче -45 °С. За третього-п'ятого типів зими задовільна перезимівля можлива тільки холодостійкої групи культур. Д. І. Шашко, як і Сапожнікова С. А., в завершальній частині запропонованого методу районування дає по теплових поясах оцінку продуктивності клімату за величиною бонітету клімату, біокліматичного потенціалу і врожайності зернових культур (табл.5.7).



Таблиця 5.6 – Шкала класифікації клімату за умовами вологозабезпеченості

Область і під- область за типом річного зволоження	Зони зволоження	$H/\Sigma D$	$H/f$	$f/H$
Д. Область достатнього зволоження ( $H > f$ )	Вн. Надмірно волога (тайга, підзолисті грунти).	$> 0,60$	$> 1,33$	$< 0,75$
	В. Волога (тайга і листяні ліси на підзолистих і бурих лісових ґрунтах)	$0,60-0,45$	$1,33-1,00$	$0,75-1,0$
Н. Область недостатнього зволоження ( $H < f$ ) а) слабо- посушлива  б) посушлива	Напіввологий лісостеп.	$0,45-0,35$	$1,00-0,77$	$1,00-1,28$
	Пз. Напівпосушлива (типовий степ на звичайних чорноземах)	$0,35-0,25$	$0,77-0,55$	$1,28-1,8$
	З. Посушлива (степ на південних чорноземах)	$0,25-0,20$	$0,55-0,44$	$1,8-2,25$
	О.З. Дуже посуш- лива (степ на темно-каштанових ґрунтах)	$0,20-0,15$	$0,44-0,33$	$2,25-3,0$
С. Область незначного зволоження ( $f \gg H$ ), землеробство можливе за зрошення	Сп. Напівсуха (напівпустеля на світло-каштанових ґрунтах)	$0,15-0,10$	$0,33-0,22$	$3,0-4,5$
	С. Суха (пустеля на бурих ґрунтах)	$0,10-0,05$	$0,22-0,12$	$> 4,5$
	О.Ч. Дуже суха	$0,05$	$0,12$	

Примітка.  $H, \Sigma D, f$  - відповідно річна кількість опадів, сума дефіцитів насичення і випаровуваність або потенційне випаровування.

Таблиця 5.7 – Оцінка продуктивності клімату по теплових поясах

Тепловий пояс	Біокліматичний потенціал (БКП)	Бал бонітету	Врожайність (ц/ га)
Холодний	0,3- 1,2	23- 84	4,5- 16,8
Помірний	0,8	55-284	11,1- 56,9
Теплий	3,1- 8.0	208- 565	41,7- 113,8
Жаркий	6,3-10,0	416- 710	86,0- 140,0

## 5.2 Методи спеціалізованого агрокліматичного районування

Підхід спеціалізованого агрокліматичного районування вперше науково-методично обґрунтував і розробив академік Ф. Ф. Давітая на прикладі території СРСР стосовно до винограду (рис.5.2). Надалі, впродовж 50-60-х років цей напрямок набув широкого розвитку як стосовно методів агрокліматичного районування сільськогосподарських культур, так і стосовно районування територій за певними складовими агрокліматичних ресурсів і лімітуючих факторів. Чирковим Ю. І. (рис.5.3) і Мельником Ю. С. було виконано районування території СРСР і Східної Європи стосовно до вирощування кукурудзи і соняшника.

В 60-х роках І. А. Гольцберг виконала агрокліматичне районування території СРСР за умовами заморозконебезпечності, де вперше, зі значним ступенем деталізації, надана характеристика режиму весняних і осінніх заморозків, в тому числі, ймовірна, здійснена оцінка ступеня заморозконебезпечності і запропоновані заходи щодо захисту від заморозків сільськогосподарських культур. В рамках цього підходу Міщенко З. А. виконала районування вказаної території за морозонебезпечністю і тепловими ресурсами, в тому числі, з врахуванням добової ритміки температур, Кільчевська Л. С. – за ресурсами вологи, Моїсейчик В. О. – за умовами перезимівлі озимої пшениці та ін.

Спеціалізоване агрокліматичне районування стосовно до культури винограду, виконане в 40-60-і роки минулого сторіччя академіком Ф. Ф. Давітая, базувалося на результатах проведених ним глибоких фундаментальних досліджень з екології винограду. Районування здійснено з врахуванням екологічних властивостей найбільш поширених сортів винограду. З цією метою була розроблена класифікація сортів, в якій враховано походження, ботанічні та морфометричні особливості різних сортів, біологічний мінімум сорту і його мінливість в залежності від висоти місцевості та ступеня

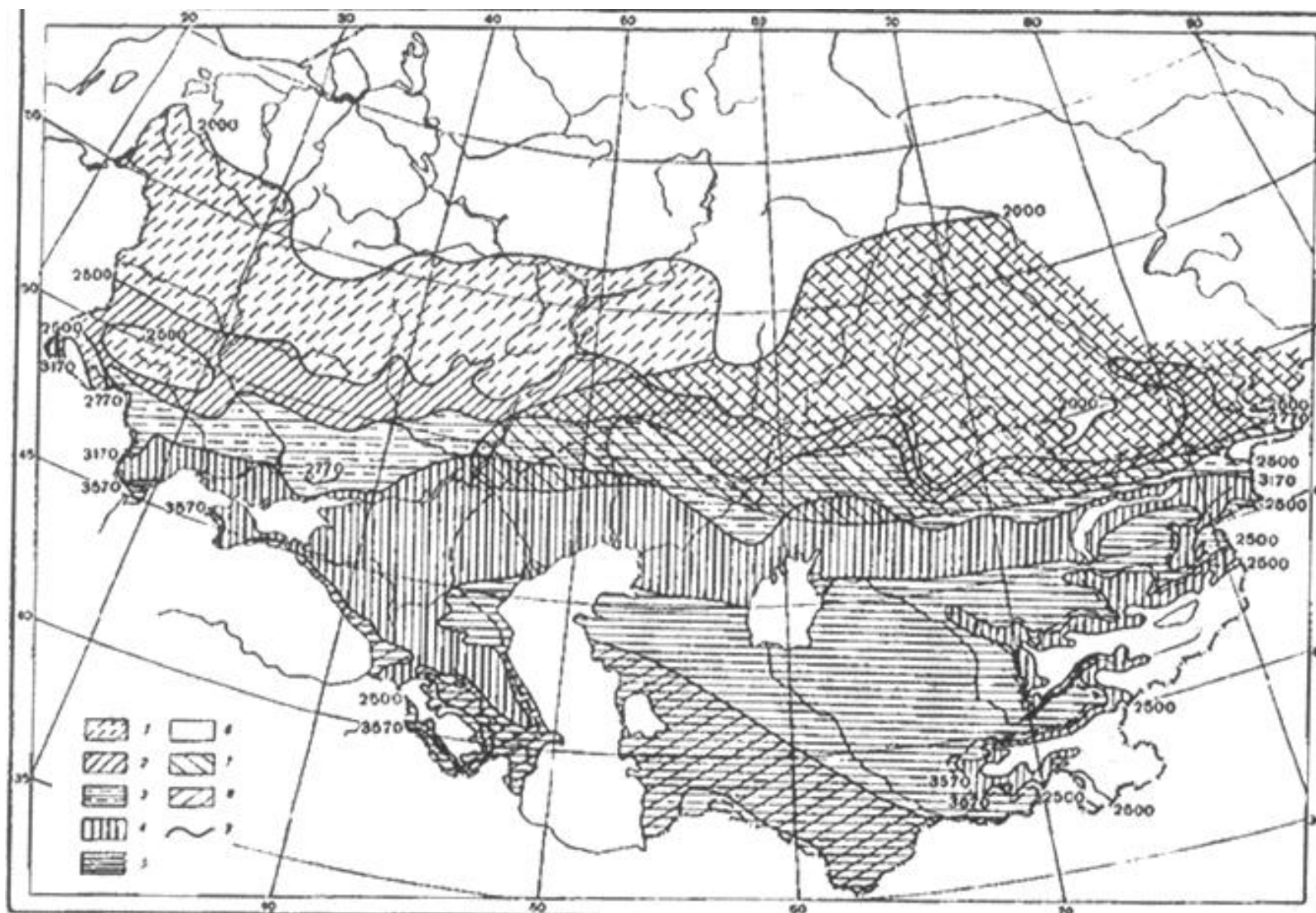


Рисунок 5.2 - Агрокліматичне районування СРСР стосовно до винограду (за Давітая Ф. Ф.)

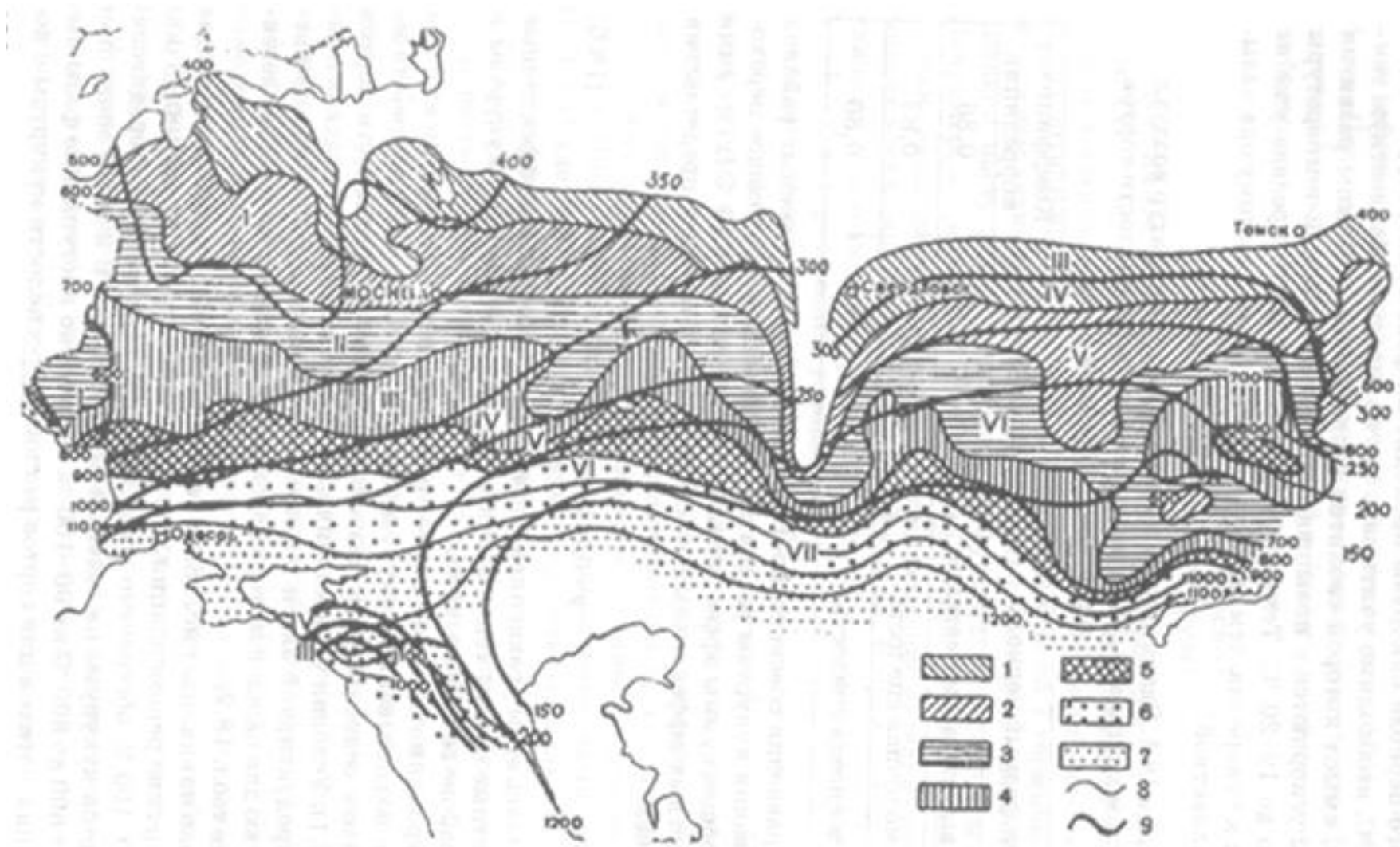


Рисунок 5.3- Агрокліматичне районування СРСР стосовно до кукурудзи (за Чирковим Ю. І)

континентальності клімату, морозостійкість та тепловимогливість різних груп сортів.

Для виконання агрокліматичного районування територій стосовно винограду Давітая Ф. Ф. надавав велике значення розробці системи агрокліматичних показників, які адекватно відбивають вимоги культури до умов середовища, особливо показників термічного режиму і теплових ресурсів. Він надавав перевагу показникам термічного режиму, оскільки ця культура відноситься до групи мезофітів, які є невимогливими до режиму зволоження, зокрема, вологості повітря.

Між тим виноград відноситься до групи багаторічних теплолюбних культур. Умови перезимівлі є для нього лімітуючим фактором, який обмежує поширення некривної культури. Дуже важливі для різних сортів термічні умови і сума тепла за окремі міжфазні періоди і, в цілому, за вегетаційний період. Важливим чинником є рівень максимальних температур – напруга тепла, яка пригнічує розвиток винограду, особливо на початку генеративного періоду. Ще одним лімітуючим чинником виступає термічний режим в другій половині весни і на початку осені, коли повсюдно відзначається загроза весняних і осінніх заморозків. Збитки, яких завдають пізньовесняні і ранньоосінні заморозки, в окремі роки досягають десятків і сотень мільйонів гривень.

До основних факторів, які зумовлюють ріст, розвиток і формування врожаю винограду, та факторів, які відповідають за вимушений зимовий спокій, відносяться:

- морозонебезпечність;
- теплозабезпеченість;
- заморозконебезпечність.

### **5.3 Агрокліматичне районування територій з неоднорідною підстильною поверхнею**

Подальший розвиток досліджень присвячений агрокліматичному районуванню територій зі значною неоднорідністю підстильної поверхні. До таких територій можна віднести Україну, де на просторовий розподіл агрокліматичних ресурсів впливають дві гірські системи, моря і великі ріки, пагорбкуватий і горбистий типи рельєфу, значна строкатість ґрунтового покриву та різні фіто- і агроценози. Слід відзначити, що якщо перші три чинники можна визначити вже на загальних фізико-географічних картах масштабів 1:1500000 і 1:750000, то визначення впливу інших чинників можливе тільки при дослідженні топографічних або гіпсометричних і ґрунтових карт масштабу 1:50000 і більше. Тобто, врахування впливу усього спектра неоднорідностей підстильної поверхні на просторовий

перерозподіл зональних закономірностей і виявлення азональних особливостей формування агрокліматичних ресурсів можливе на основі детального аналізу великомасштабних топографічних та інших спеціалізованих карт.

До методологічних аспектів агрокліматичного районування територій з неоднорідною підстильною поверхні слід віднести такі:

1. Обґрунтування етапів агрокліматичного районування та складання карт районування територій з неоднорідною підстильною поверхнею.

2. Визначення лінійних розмірів або площі досліджуваної території та масштабу складання карт районування, за яких можливості деталізації агрокліматичної інформації враховують максимально вплив усього спектра елементів неоднорідностей підстильної поверхні.

3. Застосування агрокліматичних показників, які здатні враховувати просторовий перерозподіл агрокліматичних ресурсів під впливом елементів підстильної поверхні.

4. Уточнення методів генералізації агрокліматичної інформації при тематичному і комплексному районуванні території з неоднорідною підстильною поверхнею.

Насамперед розглянемо можливості масштабів дослідження просторової деталізації агрокліматичних ресурсів з врахуванням впливу елементів підстильної поверхні. Наочно видно, що при дослідженні просторового розподілу агрокліматичних ресурсів і районуванні території країни (наприклад, України) із елементів підстильної поверхні можливе врахування впливу гірських систем та значних підвищень, типів ґрунтів, а також морів й великих рік. При аналогічних дослідженнях адміністративних областей можна враховувати вже вплив типів рельєфу, глибини вертикального розчленування рельєфу, а адміністративних районів і окремих господарств – форм рельєфу, профілю, експозиції і крутості схилів та місцеположення на схилах, типів долин, малих річок і ставків.

При агрокліматичному районуванні територій з неоднорідною підстильною поверхнею до методологічних відносяться питання етапності районування, насамперед, напрямку районування. Можливі два підходи – від дрібного до великомасштабного. Більш обґрунтованим і доцільним вважається метод агрокліматичного районування від значних до менших за площею територій, від загального до спеціалізованого, тобто від дрібномасштабного до великомасштабного. За такого підходу здійснюється деталізація агрокліматичних умов, по-перше, у просторово - часовому розрізі, а по-друге, стосовно набору сільськогосподарських культур. Ступінь генералізації інформації зменшується, проте, збільшується ступінь її фільтрації з точки зору виявлення впливу окремих елементів

підстильної поверхні. Зростає й точність виділених агрокліматичних таксонів (макро-, мезо- і мікрорайонів) на картах агрокліматичного районування.

Незалежно від того, виконується тематичне чи комплексне агрокліматичне районування територій, етапи проведення досліджень залишаються однаковими:

1. Ідентифікація території дослідження і визначення географічної широти і довготи та абсолютної висоти місцевості; визначення метео- або агрометеорологічної станції, інформація якої характеризує агрокліматичні умови рівнинних земель території.

2. Кількісна характеристика агрокліматичних ресурсів (ресурсів світла, тепла і вологи) та лімітуючих агрокліматичних умов (режиму заморозків і умов перезимівлі) за даними репрезентативної метео- або агрометеорологічної станції.

3. Аналіз неоднорідностей підстильної поверхні, які визначають просторовий перерозподіл агрокліматичних ресурсів території – визначення типу, форм і елементів рельєфу, типу і гранулометричного складу ґрунтів, наявності та розміри значних водойм, продної рослинності, поширених на досліджуваній території. Для виконання цього етапу необхідна топографічна або карта горизонталей і карти ґрунтового покриття у великому масштабі (М 1:50000, М 1:25000, М 1:10000 або М 1:5000). Із збільшенням масштабу карти зростає точність виділення контурів на карті з різними місцеположеннями.

4. Встановлення механізму формування мікрокліматичної мінливості різних складових агрокліматичних ресурсів і лімітуючих агрокліматичних факторів, уточнення параметрів їх мікрокліматичної мінливості для виділених місцеположень та проведення розрахунку величин показників агрокліматичних ресурсів і лімітуючих агрокліматичних факторів для усього комплексу місцеположень на досліджуваній території.

5. Визначення діапазону мінливості величин показників агрокліматичних ресурсів і лімітуючих факторів та встановлення кроку районування, який залежить від конкретного показника і вимог сільськогосподарських культур. Визначення кількості мікрорайонів та їх ідентифікація.

6. Агрокліматичне районування досліджуваної території за конкретним фактором (показником) або їх комплексом, яке полягає у віднесенні окремих місцеположень до конкретного мікрорайону.

7. Складання великомасштабної карти агрокліматичного районування досліджуваної території (комплексної або за окремими складовими агрокліматичних умов).

На рис.5.4 представлено алгоритм таких досліджень, за яким показано шляхи аналізу вихідної і генералізації кінцевої інформації в

залежності від конкретних чинників території. Кожен з етапів досліджень базується на врахуванні цілком визначених географічних і геоморфологічних чинників, які зумовлюють оптимальний масштаб карт агрокліматичного районування. Це дозволяє, крім наочності представлення матеріалів досліджень, мати високу точність результатів районування територій.

Етапність здійснення агрокліматичного районування територій з неоднорідною підстильною поверхнею пов'язана з необхідністю проведення певних досліджень, в яких немає необхідності при дрібномасштабному агрокліматичному районуванні, а саме - детальному аналізі елементів підстильної поверхні. Для виконання такого аналізу необхідні картографічні основи, насамперед великомасштабні топографічні або гіпсометричні карти і карти ґрунтового покриття, а також карти сучасної організації угідь. Причому, якщо на великомасштабних (М 1:10000) картах ґрунтового покриття виділено землі з різним типом і гранулометричним складом, то з великомасштабними картами рельєфу необхідно виконати значну частину картографічних робіт, які потребують певних навиків і досвіду. В залежності від напрямку агрокліматичного районування території – певного тематичного чи комплексного, необхідно скласти карти глибини вертикального розчленування рельєфу, форми рельєфу, експозиції і крутості схилів, місцеположення на схилі.

Інший методологічний аспект пов'язаний з обґрунтуванням для конкретних територій доцільних площ районування. Методологія досліджень цього напрямку базується на застосуванні методів макро-, мезо- і мікрокліматичної обробки даних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень з різним рівнем їх просторового і часового осереднення та методів генералізації інформації з





Рисунок 5.4 - Алгоритм аґрокліматичного районування територій з неоднорідною підстильною поверхнею

аґрокліматичних ресурсів і лімітуючих аґрокліматичних умов. Ступінь генералізації аґрокліматичної інформації визначається розміром і характером (неоднорідністю) підстильної поверхні території, для якої виконується аґрокліматичне районування. Вона визначає й вибір масштабу карт, які здатні з високою точністю відбивати можливий спектр величин, зумовлених просторовою неоднорідністю підстильної поверхні.

При аґрокліматичному районуванні територій з неоднорідною підстильною поверхнею ставляться певні вимоги до показників, за якими здійснюється районування. В якості основних аґрокліматичних показників при загальному дрібномасштабному районуванні, з метою збереження послідовності, пропонується використання традиційних показників, які характеризують світлові і теплові ресурси, ресурси

вологи, а також умови заморозко- і морозонебезпечності та посушливості. При спеціалізованому агрокліматичному районуванні необхідно використовувати показники, які адекватно відбивають вплив умов середовища на конкретну культуру, або повною мірою характеризують просторово-часову структуру конкретних складових агрокліматичних ресурсів. При цьому, як за підходу загального, так і спеціалізованого районування, треба зважати на наступні етапи, які здійснюватимуться з врахуванням мезо- та мікроклімату. Тобто важливим кроком є вибір показників, які цілком здатні характеризувати ресурси територій з врахуванням встановленого спектра елементів підстильної поверхні, різномасштабних циркуляційних процесів і вимог сільськогосподарських культур до середовища.

Реалізація методу агрокліматичного районування території з неоднорідною підстильною поверхнею на сьогоднішній день здійснена на більшості площі Північного Причорномор'я. Як приклад, розглянемо фрагмент такого районування для території Арцизького району Одеської області за умовами заморозко- і морозонебезпечності. Ця територія, за дрібномасштабним агрокліматичним районуванням України за заморозконебезпечністю, входить до п'ятого – сьомого макрорайонів. Тривалість беззаморозкового періоду тут становить 171-200 днів, припинення весняних заморозків у повітрі і на поверхні ґрунту відзначається відповідно 10-20 і 20-30 квітня, а дати перших осінніх заморозків – 10 жовтня-10 листопада і 1-30 жовтня. Формування мезо- і мікрокліматичної різниці умов заморозконебезпечності зумовлене термодинамічним механізмом при мезо- і мікромасштабних циркуляційних процесах, пов'язаних з наявністю неоднорідної підстильної поверхні, насамперед вертикальним розчленуванням рельєфу.

Згідно із геоморфологічним районуванням України, на цій території глибина вертикального розчленування рельєфу змінюється від 10 до 100 м, поширені значні рівнинні ділянки, вододільні поверхні і плато, схили різної експозиції і крутості, дно широких і вузьких долин, заплави. Найбільш значний просторовий перерозподіл термічного режиму, який зумовлює формування умов заморозконебезпечності в весняний і осінній періоди, визначається саме впливом глибини вертикального розчленування рельєфу. Тому за цим показником й виділяються мезорайони. Деталізація величин показників заморозконебезпечності виконується в залежності від місцеположення на схилі – верхньої, середньої або нижньої частинах. В межах шостого макрорайону виділено два мезорайони: слабопагорбкуватого з глибиною вертикального розчленування рельєфу менше 60 м і пагорбкуватого - 60-100 м. В кожному із мезорайонів виділяються мікрорайони в залежності від форми рельєфу

і місцеположення на схилі. Таким чином, в межах одного макрорайону виділено два мезорайони і по 5 мікрорайонів – усього, з врахуванням вирівняних земель, 11 мікрорайонів. В межах першого мезорайону тривалість беззаморозкового періоду в залежності від місцеположення ділянки може змінюватися від 170 до 195 діб, а другого мезорайону – від менше 170 до більше 200 діб. Тобто в межах одного макрорайону діапазон мінливості тривалості беззаморозкового періоду складає 25-30 діб.

#### **5.4 Тематичне та комплексне картування агрокліматичних ресурсів**

Одним із найбільш раціональних видів подання кліматичної інформації з урахуванням потреб окремих галузей народного господарства є картування основних елементів клімату. Картування агрокліматичних показників надає змогу за точковими спостереженнями окремих метеорологічних і агрометеорологічних станцій дати просторове розподілення використовуваних показників і їх комплексів. В цьому головна перевага агрокліматичних карт, за допомогою яких можна вийти на безпосереднє обслуговування сільського господарства на регіональному рівні і сприяти цим його подальшому розвитку.

Принципи складання кліматичних і агрокліматичних карт однакові і визначаються:

- ступінем вивченості елемента, який картується;
- характером його мінливості в просторі;
- густотою метеорологічної мережі станцій;
- можливістю використання розрахункових методів;
- наявністю картографічної основи (гіпсометричні, морфометричні, ґрунтові і ландшафтні карти).

Істотним фактором є також площа території, яку зображають, і специфіка попиту практики, для задоволення якої складаються кліматичні або агрокліматичні карти. В наш час існують два методи врахування кліматичних закономірностей при складанні карт названих масштабів. Принципові відмінності між ними полягають в різному засобі оцінки мінливості того або іншого елемента клімату під впливом широти і довготи місця, абсолютної висоти над рівнем моря, а також місцевих умов, в тому числі мікрокліматичних.

Перший метод ефективний при картуванні кліматичних елементів, які рівномірно змінюються в просторі і не значно – під впливом місцевих умов. В цьому випадку на карті при проведенні ізоліній зразу враховуються всі фактори, які визначають зміну кліматичного елемента в географічному розрізі. При цьому, згідно з поняттям “точність

кліматичних карт”, інтервали між ізолініями повинні бути такими, щоб в них вкладалися коливання елемента, який картують, на окремих станціях за рахунок помилок вихідного матеріалу, в тому числі, за рахунок систематичних помилок, які залежать від мікрокліматичних особливостей місцеположення окремих станцій. Цей метод апробовано при дрібномасштабному картуванні багатьох кліматичних і агрокліматичних показників, які представлені у вигляді відповідних карт в національних кліматичних атласах різних країн, а також в “Агрокліматическом атласе Мира”. Для агрокліматичних елементів, які відрізняються великою мінливістю в просторі під впливом місцевих умов, застосування традиційної методики картографування недоцільно, тому що потрібно вибирати настільки великі інтервали між ізолініями, що складання карт втрачає сенс. В цьому випадку ефективною є методика побудування так названих фонових карт, побудова яких потребує детального аналізу розташування метеорологічних станцій, встановлення їх репрезентативності.

Суть методики полягає в такому. На карті показують у вигляді ізоліній зміну досліджуваного елемента клімату під впливом загальногеографічних факторів. При цьому беруть до уваги фонові дані станцій, репрезентативних для конкретного району (тобто карти будуються для умов відкритого рівного місця на рівнинних землях або ж для середніх частин схилів в горах). На другому етапі аналізують дані станцій, які знаходяться під впливом мікроклімату. Методом інтерполяції визначається відхилення даних кожної станції, які входять в ту або іншу групу за місцезнаходженням (форма рельєфу, експозиція і крутість схилів, типи ґрунтів, близькість морів і великих водойм та ін.) від ізоліній на карті. На кінець розробляється система мікрокліматичних параметрів до карти.

Метод складання фонових карт був вперше запропонований І.А. Гольцберг для географічної характеристики заморозків на території СНД. В подальшому цей метод був удосконалений і розвинений З.А. Міщенко при картуванні добової амплітуди температури повітря, денних і нічних температур повітря і їх сум вище 10 °С, а також середнього із абсолютних річних мінімумів температури повітря стосовно території СНД. Новизна методичного підходу полягає в тому, що до фонові агрокліматичної карти додається у вигляді легенди не тільки таблиця, яка містить мікрокліматичні параметри, але і районування їх в залежності від ступеня континентальності клімату, типів рельєфу і їх морфометричних характеристик.

Згідно ряду досліджень, сумарна сонячна радіація і ФАР є одними із основних показників клімату, тісно пов'язаних з продуктивністю однорічних і багаторічних культур. До останнього часу картування цих показників виконувалось в дрібному масштабі

(М 1:4000000 до 1:12000000 і дрібніше). В більшості випадків складалися окремі оглядові карти розподілу сум сумарної радіації за кожний місяць, пору року, за рік для території СНД або великих його частин. Наприклад, в "Агрокліматичному атласі України" містяться карти розподілу сум сумарної радіації за рік (робочий масштаб 1:4000000), а також за окремі пори року (робочий масштаб 1:15000000).

Рядом авторів були досліджені географічні особливості розподілу фотосинтетично активної радіації і складенні відповідні карти. Вперше така карта складена Молдау Х., Россом Ю., Тоомингом Х.Г. в дрібному масштабі для ЄЧ СНД. Пізніше І.А. Єфимова склала карти розподілу річних сум ФАР, а також за теплий період з температурою повітря вище 5 і 10 °С на території СНД в дрібному масштабі (1:12500000). Гойса Н.І. і Перелет Н.А. склали місячні карти розподілу сум сумарної радіації і ФАР на території України для оцінки теплозабезпеченості ряду однорічних культур (робочий масштаб 1:8000000 і 1:4000000).

Не зменшуючи наукової і практичної цінності вищевказаних матеріалів картографування сум сумарної радіації і сум ФАР, слід відзначити, що вони дають тільки схематичний розподіл цих показників в зональному розрізі, не враховуючи їх мінливість на землях, що розташовані на схилах, під впливом мікроклімату. Крім цього, ці показники ніяк не пов'язані з іншими агрокліматичними характеристиками радіаційно-теплових ресурсів і тим більше з продуктивністю конкретних сільськогосподарських культур.

З.А. Міщенко здійснено комплексне районування радіаційно-теплових ресурсів на території України в середньому масштабі (М 1:750000) з урахуванням мікроклімату схилів. В процесі складання комплексної карти агрокліматичного районування радіаційно-світлових ресурсів використовувалися такі методичні засоби. За основу взято метод складання кліматичних і агрокліматичних карт, розроблений З.А. Міщенко та Г.В. Ляшенко, з подальшим використанням методики ущільнення агрокліматичної інформації, суть якої полягає у встановленні кількісних залежностей між відомими і новими або шуканими кліматичними характеристиками. Такий спосіб дає змогу уникнути трудомісткої роботи зі складання окремих карт для кожного елемента клімату, тобто ущільнити кліматичну чи агрокліматичну інформацію і подати її в компактному вигляді на одній карті, значно збагативши легенду до неї.

Задача вирішувалася в два етапи. На першому етапі була побудована агрокліматична карта розподілу сум сумарної і фотосинтетично активної радіації за теплий період з температурою повітря вище 10 °С. На другому етапі вирішувалась задача щодо визначення для кожного макрорайону, який виділено на карті, таких показників, як  $\Sigma S_c$ ,  $\Sigma T_c$  і  $N_{\text{тп}}$  на основі встановленого взаємозв'язку їх з

$\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$ . Результати цієї роботи представлені на рис. 5.5 і в табл. 5.8, яка є кількісною легендою до карти.

На карті виділено сім макрорайонів, які значно відрізняються за середніми багаторічними величинами  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$ . Карта побудована для умов відкритого рівного місця на рівнинних землях і для середніх частин схилів в передгірних та гірських районах Східних Карпат і Кримських гір. Просторова мінливість  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  має в основному зональний характер, зростаючи значно в напрямку з півночі на південь країни. На крайній півночі (макрорайон 1)  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  менші за 2700 і 1350 МДж/м<sup>2</sup>; в центральному теплому макрорайоні 4 ці суми збільшуються до 3100-3300 і 1550-1650 МДж/м<sup>2</sup>, досягаючи на крайньому півдні (макрорайон 7) 3700-3800 і 1850-1900 МДж/м<sup>2</sup> і більше.

Але зональний хід ізоліній сум сумарної радіації і ФАР порушується під впливом Придніпровської і Волино-Подільської височини, а також гір Східних Карпат і в Криму. В горах (вище 1000-1500 м) територія залишилася неосвітленою через недостачу або відсутність даних. Для цих районів не було можливості визначити висотні градієнти для сум сумарної радіації за теплий період і провести ізолінії розрахунковим шляхом. Незважаючи на обмеженість даних, виявилася чітка тенденція до зменшення  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  в міру просування в гори і навіть на височини (табл. 5.8). Виявлена закономірність зумовлена тим, що з висотою місця середня добова температура, її сума, а також тривалість теплового періоду зменшуються на кожні 100 м висоти приблизно на 0,5 °С, 190 – 260 °С і 7 – 9 днів.

На півдні України істотний вплив на розподіл  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  в теплу пору року чинить бризова циркуляція на узбережжі Чорного і Азовського морів. Завдяки їй, поблизу берегів утворюється зона підвищеної ясності небозводу і більш високі значення цих характеристик сонячної радіації. Але вже на відстані 40-50 км, де переважають низхідні потоки, створюється зона підвищеної хмарності, яка зумовлює зменшення  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$ , особливо в районі Херсону, Асканії-Нової, Ізмаїлу, Одеси і в Криму. Із табл. 5.9 видно, що з віддаленням від узбережжя Чорного моря суми сумової і суми ФАР за теплий період з  $T_c$  вище 10 °С зменшуються на 200 – 290 МДж/м<sup>2</sup>.

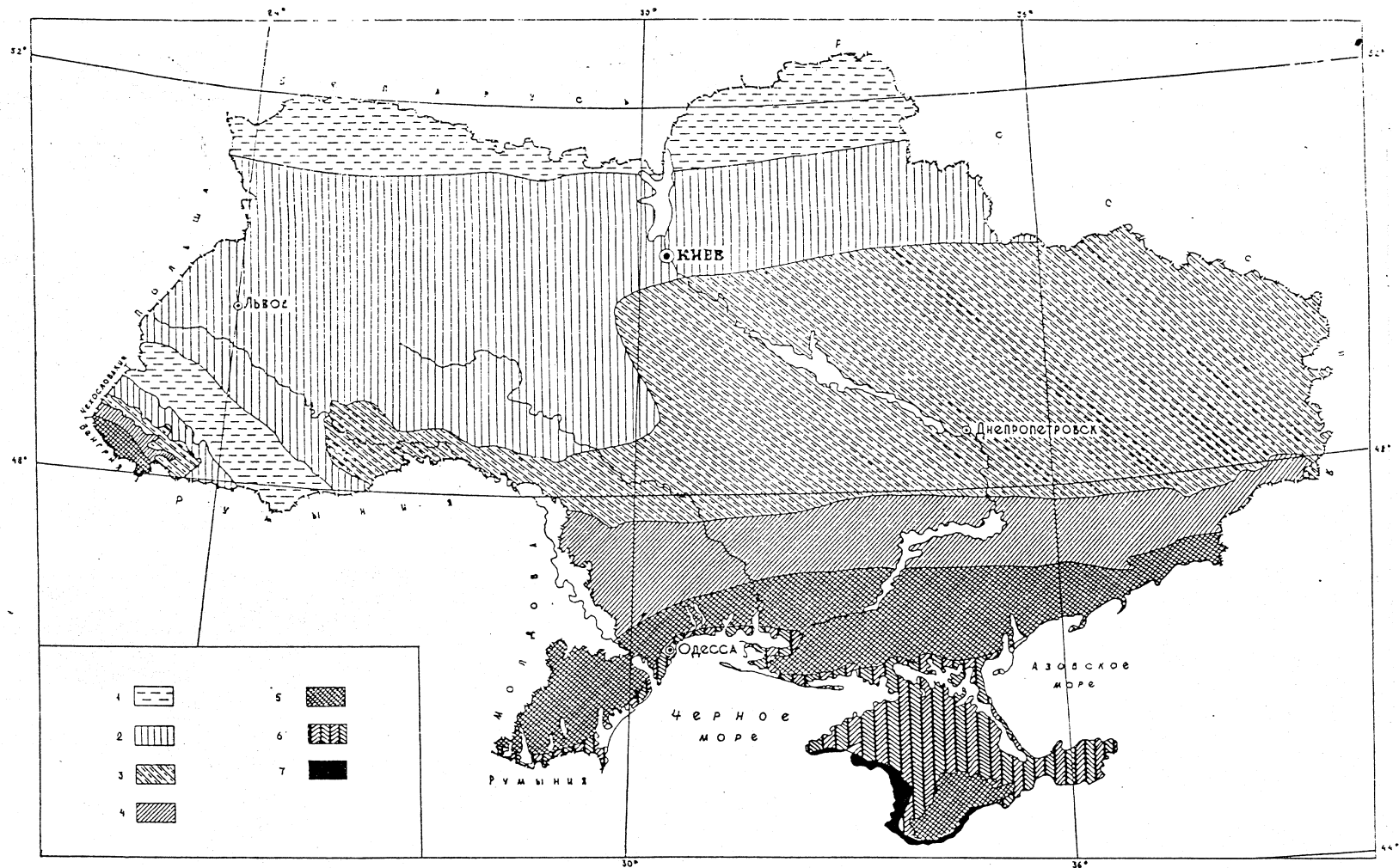


Рисунок 5.5. Агрокліматичне районування радіаційно-світлових і теплових ресурсів на території України. Макрорайони 1 – 7 (легенду до карти в табл.5.10)

Таблиця 5.8 – Агрокліматична оцінка радіаційно-світлових і теплових ресурсів України за період з температурою повітря вище 10 °С

Макрорайон	$\Sigma Q$ , МДж/м <sup>2</sup>	$\Sigma Q_{\phi}$ , МДж/м <sup>2</sup>	$\Sigma S_c$ , години	$\Sigma T_c$ , °С	$N_{\text{тп}}$ , дні
1. Крайній північний холодний	<2700	<1350	<1200	<2500	<157
2. Північний відносно холодний	2700 – 2900	1350 – 1450	1200 – 1320	2500 – 2750	157 – 163
3. Центральний прохолодний	2900 – 3100	1450 – 1550	1322 – 1416	2750 – 2950	163 – 172
4. Центральний теплий	3100 – 3300	1550 – 1650	1416 – 1534	2950 – 3200	172 – 180
5. Південний теплий	3300 – 3500	1650 – 1750	1534 – 1628	3200 – 3400	180 – 188
6. Південний дуже теплий	3500 – 3700	1750 – 1850	1628 – 1745	3400 – 3650	188 – 196
7. Південний жаркий	> 3700	>1850	>1745	>3650	>196



Таблиця 5.9 - Вплив висоти місця на розподілення сум сумової радіації і сум ФАР за теплий період з  $T_c$  вище  $10^{\circ}\text{C}$  ( $\text{МДж/м}^2$ )

№ п/п	Станція	$\gamma$	H, м	$\Sigma Q$	$\Sigma Q_{\phi}$
1	Сімферополь	$44^{\circ}54'$	32	3792	1896
2	Салгірка	$44^{\circ}57'$	238	3444	1722
	Різниця		206	348	174
3	Севастополь	$44^{\circ}37'$	8	3725	1862
4	Голубинка	$44^{\circ}34'$	219	3444	1722
	Різниця		211	281	140
5	Никитський сад	$44^{\circ}32'$	366	3758	1879
6	Ай-Петрі	$44^{\circ}28'$	1180	3264	1632
	Різниця		814	494	247

Таблиця 5.10 – Вплив бризової циркуляції на розподілення  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  на узбережжі Чорного моря в теплу пору року ( $\text{МДж/м}^2$ )

№ п/п	Станція	H, м	$\Sigma Q$	$\Sigma Q_{\phi}$
1	Одеса, обс.	56	3582	1791
2	Біляївка	68	3319	1660
	Різниця	12	263	131
3	Вілково	12	3650	1825
4	Болград	81	3360	1680
	Різниця	69	290	145
5	Євпаторія	6	3737	1869
6	Саки	2	3536	1668
	Різниця	4	201	101

Зональна мінливість  $\Sigma S_c$ ,  $\Sigma T_c$  і  $N_{\text{тп}}$  відповідає розподіленню сумарної радіації і ФАР на території України. Ці агрокліматичні показники також збільшуються в напрямку з півночі на південь. А саме, на крайній півночі (макрорайон 1)  $\Sigma S_c$ ,  $\Sigma T_c$  і  $N_{\text{тп}}$  не перевищує відповідно 1200 годин,  $2500^{\circ}\text{C}$  і 157 днів; в центральному теплому макрорайоні їх значення збільшуються до 1416 – 1534 години,  $2950 - 3200^{\circ}\text{C}$  і 172 – 180 днів. На Південному березі Криму (макрорайон 7)  $\Sigma S_c$ ,  $\Sigma T_c$  і  $N_{\text{тп}}$  виявляються найбільшими і складають відповідно 1750 годин,  $3650^{\circ}\text{C}$  і 196 днів. Для всіх показників радіаційно-світлових і теплових ресурсів характерний значний діапазон відмінностей в зональному розрізі. А саме, суми сумарної радіації і суми ФАР змінюються на території України на 1000 і  $500 \text{ МДж/м}^2$ , а тривалість

сонячного сяйва за теплий період з  $T_c$  вище  $10^{\circ}\text{C}$  – на 550 годин. Діапазон відмінностей в  $\Sigma T_c$  і  $N_{\text{тп}}$  також вельми значний і складає відповідно  $1150^{\circ}\text{C}$  і 40 днів.

Географічна мінливість розглянутих показників радіаційно-теплових ресурсів обумовлює значні відмінності в зональному розподіленні видів і сортів сільськогосподарських культур, які можна вирощувати в конкретному регіоні, з урахуванням їх врожайності. Виконане З.А.Міщенко агрокліматичне районування теплових ресурсів дня і ночі на території СНД може мати застосування для фонові оцінки теплових ресурсів роздільно для дня та ночі в Україні. Але з метою агрокліматичного обґрунтування оптимізації розміщення сільськогосподарських культур за умовами теплозабезпечення повинна виконуватися детальна їх оцінка з врахуванням регіональних особливостей формування теплового режиму.

За тепловими ресурсам дня на території України Ляшенко Г.В. виділено дев'ять макрорайонів (рис. 5.6, табл. 5.11). В першому макрорайоні значення сум денних температур менше  $2600^{\circ}\text{C}$  і характеризують території, які межують зі Східними Українськими Карпатами. Суми середніх добових температур в цьому макрорайоні нижче  $2200^{\circ}\text{C}$ . На півночі України, в Поліссі, ці суми становлять  $2600-2800^{\circ}\text{C}$  за сум середніх добових температур  $2200-2400^{\circ}\text{C}$ , а на півдні України - підвищуються до  $3800-4000^{\circ}\text{C}$  при відповідних сумах середніх добових температур  $3400-3600^{\circ}\text{C}$ . Найвищі значення сум денних температур спостерігаються на південному узбережжі Криму (9 макрорайон) і складають більше  $4000^{\circ}\text{C}$ .

Різниця в датах переходу денних температур повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  в виділених макрорайонах як весною, так і восени досягає 35 днів – від 1-5 травня в першому макрорайоні до 5 квітня – в дев'ятому і відповідно 25-30 вересня в першому макрорайоні і 31 жовтня – в дев'ятому. Вказані дати спостерігаються на 10-25 днів весною раніше, а восени пізніше, ніж аналогічні дати переходу середньодобових температур. Тривалість періоду з денними температурами вище  $10^{\circ}\text{C}$  становить від 160 днів і менше в першому макрорайоні до 195 - 205 днів і більше – в дев'ятому. Тривалість періоду з середніми добовими температурами вище  $10^{\circ}\text{C}$  на території України відповідно по вказаним макрорайонам складає 150 і 195 днів.

За сумами нічних температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  виділено сім макрорайонів (табл. 5.12). Сума нічних температур повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$  в першому макрорайоні складає менше  $1600^{\circ}\text{C}$ , а в 7 макрорайоні, що охоплює південне узбережжя Криму, ці температури перевищують  $2600^{\circ}\text{C}$ . В середньому для території України суми нічних температур

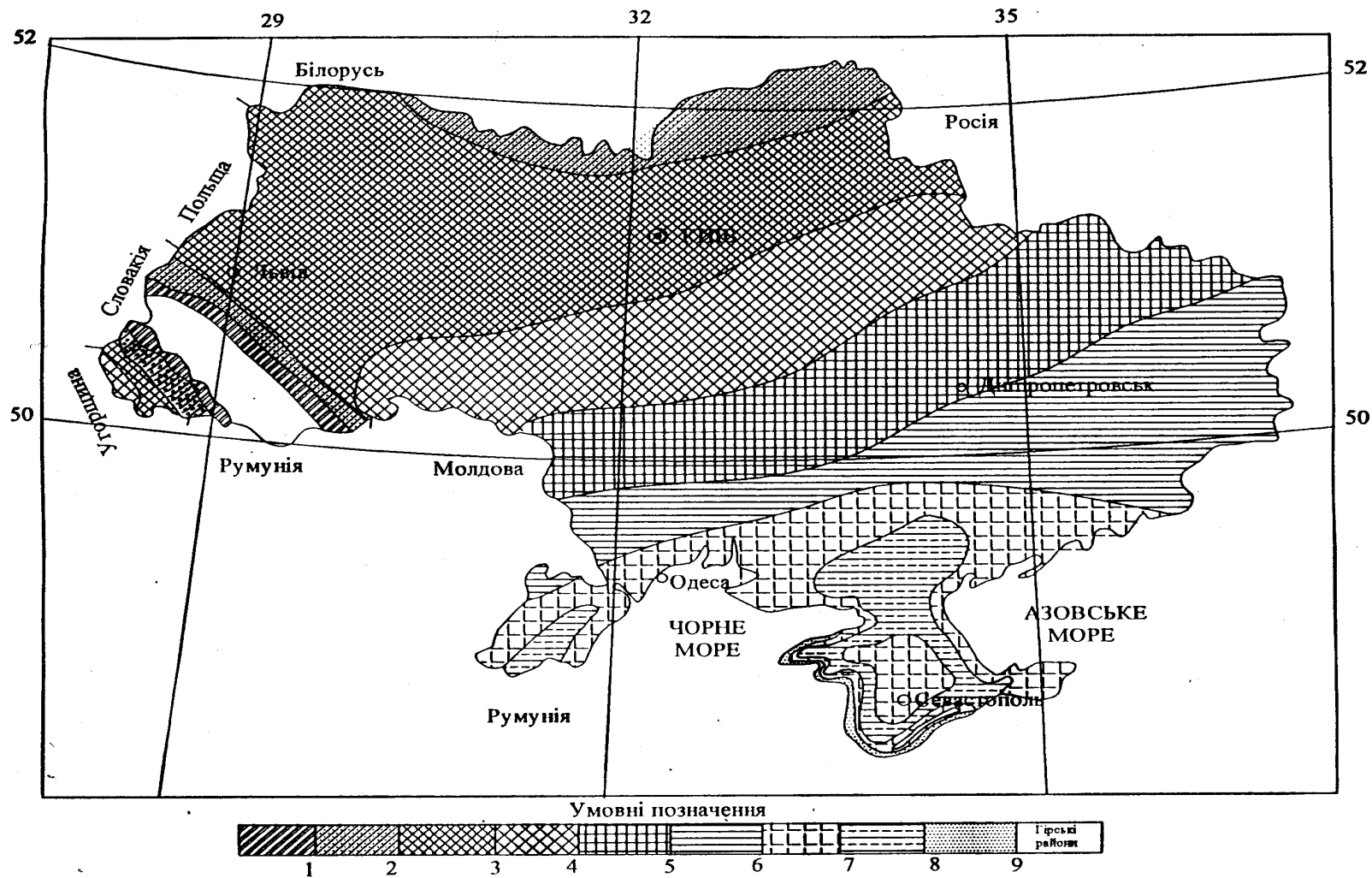


Рисунок 5.6. Агрокліматичне районування теплових ресурсів дня. Макрорайони 1 - 9 (див. легенду до карти в табл. 5.11)

Таблиця 5.11 - Агрокліматичне районування теплових ресурсів дня на Україні

Макро-район	$\Sigma T_d, ^\circ C$	$N_d$ , дні	$\Sigma T_c, ^\circ C$	$(\Sigma T_d - \Sigma T_c), ^\circ C$
1	<2600	<160	<2200	700-800
2	2600-2800	160 - 165	2200-2400	600-700
3	2800-3000	165 – 170	2400-2600	500-650
4	3000-3200	170 –180	2600-2800	450-600
5	3200-3400	175 – 185	2800-3000	400-550
6	3400-3600	180 –190	3000-3200	400-550
7	3600-3800	185 – 195	3200-3400	350-500
8	3800-4000	195 – 205	3400-3600	350-450
9	Вище 4000	Більше 205	Вище 3600	300-400

Таблиця 5.12 - Агрокліматичне районування теплових ресурсів ночі на Україні

Макро-район	$\Sigma T_n, ^\circ C$	$N_n$ , дні	$\Sigma T_c, ^\circ C$	$(\Sigma T_n - \Sigma T_c), ^\circ C$
1	<1600	<130	<2200	-850, -1100
2	1600-1800	130 –135	2200-2500	-600, -950
3	1800-2000	135 – 140	2400-2700	-550, -900
4	2000-2200	140 –145	2600-2900	-550, -850
5	2200-2400	145 – 150	2900-3200	-500, -800
6	2400-2600	150 – 155	3200-3500	-450, -750
7	2600 та вище	155 та більше	3500 та вище	-900, -1200

відрізняються від сум середніх добових температур на 500-600  $^{\circ}C$ , проте можливі відхилення, які досягають більше 1000  $^{\circ}C$  (перший, четвертий та сьомий макрорайони).

Дати переходу нічної температури повітря через 10  $^{\circ}C$  весною в першому макрорайоні спостерігаються навіть після 15 травня, восени – до 15 вересня. В сьомому макрорайоні перехід нічних температур відмічається весною до 10 квітня і після 31 жовтня – восени. Означені дати в середньому по території України спостерігаються на 15-35 днів весною пізніше, а восени раніше, ніж дати середніх добових температур повітря. Тривалість періоду з нічними температурами повітря вище 10  $^{\circ}C$  змінюється від 130 днів і менше на півночі країни і в Прикарпатських районах до 155 днів і більше на південному узбережжі Криму, що на 20-40 днів менше, ніж тривалість цього ж періоду з середньодобовими

температурами. Така значна різниця теплових ресурсів території України за традиційними показниками і показниками, які враховують добову динаміку температур при додаткових агрокліматичних розрахунках може дати пояснення просторової мінливості, як темпів розвитку сільськогосподарських культур так і формування їх продуктивності.

Результати теоретичних та експериментальних мезо- і мікрокліматичних досліджень зумовили розвиток методів агрокліматичного районування територій з врахуванням мезо- і мікроклімату. Насамперед, треба виділити напрямок різномасштабного районування, вперше обґрунтований в роботах З.А.Міщенко і здійснений на прикладі території Молдови за умовами морозонебезпечності і тепловими ресурсами дня та ночі. Надалі, в рамках цього напрямку, Ляшенко Г.В. була удосконалена методика і виконано комплексне агрокліматичне районування території типових окремих господарств площею 2-5 тис. га і в цілому адміністративного району площею 92 тис. га з врахуванням мезо- і мікроклімату.

Подальший розвиток досліджень, присвячених різномасштабному агрокліматичному районуванню територій, продовжено Ляшенко Г.В. на прикладі території України, якій притаманні значна географічна мінливість агрокліматичних ресурсів і їх перерозподіл в межах незначної площі під впливом неоднорідностей підстильної поверхні. Методологія досліджень цього напрямку базується на застосуванні методів макро-, мезо- і мікрокліматичної обробки даних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень з різним рівнем їх просторового і часового осереднення та методів генералізації інформації з агрокліматичних ресурсів і лімітуючих агрокліматичних умов. Ступінь генералізації агрокліматичної інформації визначається розміром і характером (неоднорідністю) підстильної поверхні території, для якої виконується агрокліматичне районування. Вона визначає й вибір масштабу карт, які здатні з високою точністю відбивати можливий спектр величин, зумовлених просторовою неоднорідністю підстильної поверхні.

За цього напрямку до методологічних відносяться питання не тільки ступеню, а етапності районування: в якому напрямку здійснювати районування - дрібного до великого масштабу чи навпаки? Більш обґрунтованим і доцільним нами вважається метод агрокліматичного районування від значних територій до менших, від загального до спеціалізованого, тобто від дрібномасштабного до великомасштабного. За такого порядку здійснюється, по-перше, деталізація агрокліматичних умов у просторово - часовому розрізі, а по-друге, стосовно окремих сільськогосподарських культур. Ступінь генералізації інформації зменшується, проте збільшується ступінь її

фільтрації з точки зору виявлення впливу окремих елементів підстильної поверхні. Зростає й точність виділених агрокліматичних таксонів (макро-, мезо- і мікрорайонів) на картах агрокліматичного районування.

При різномасштабному агрокліматичному районуванні території ставляться певні вимоги до показників, за якими здійснюється районування. Безумовно, в якості основних агрокліматичних показників при загальному дрібномасштабному районуванні з метою збереження послідовності, пропонується використання традиційних показників, які характеризують світлові і теплові ресурси, ресурси вологи, а також умови заморозко- і морозонебезпечності та посушливості. При спеціалізованому агрокліматичному районуванні необхідно використовувати показники, які адекватно відбивають вплив умов середовища на конкретну культуру, або в повній мірі характеризують просторово-часову структуру конкретних складових агрокліматичних ресурсів. При цьому, як за загального, так і спеціалізованого підходів, треба зважати на наступні етапи районування, які здійснюватимуться з врахуванням мезо- та мікроклімату. Тобто важливим кроком є вибір показників, які здатні в повній мірі характеризувати ресурси територій з врахуванням фактичного комплексу умов підстильної поверхні, різномасштабних циркуляційних процесів і вимог сільськогосподарських культур до середовища.

Реалізація методу різномасштабного тематичного і комплексного агрокліматичного районування здійснена на прикладі території України. Розглянемо фрагмент досліджень у цьому напрямку на прикладі агрокліматичного районування країни за умовами заморозконебезпечності. Насамперед треба відзначити, що умови заморозконебезпечності відносяться до лімітуючих агрокліматичних факторів, які здатні, незважаючи на цілком сприятливі ресурси світла, тепла і вологи, завдавати значної шкоди сільськогосподарським культурам і тому їх оцінка має велике значення для галузі. Усі показники заморозконебезпечності відрізняються значною просторово-часовою мінливістю, яка зумовлена як загальногеографічними, так і геоморфологічними чинниками.

В Україні весняні заморозки спостерігаються з 19 березня до 14 червня, а восени – з 31 серпня до 30 грудня. В середньому багаторічному, вони відзначаються з кінця березня до другої декади травня і з третьої декади вересня до другої декади листопада. Тривалість беззаморозкового періоду, в середньому багаторічному, коливається в межах 123-255 діб, а в окремі роки (менше 10% імовірності) – в межах 98-312 діб. Таким чином діапазон мінливості тривалості беззаморозкового періоду на території України за даними репрезентативних станцій складає більше 60 діб, дат припинення

весняних і настання осінніх заморозків – відповідно у повітрі 25 і 50 діб, а на поверхні ґрунту – 25 і 40 діб. Саме за тривалістю беззаморозкового періоду, як основного показника заморозконебезпечності, виконано дрібномасштабне агрокліматичне районування країни і виділено 8 макрорайонів з кроком 10 діб (рис.5.7). Карта фонових агрокліматичних районувань України за заморозконебезпечністю, при складанні якої враховано вплив загальногеографічних чинників і великомасштабних циркуляційних процесів, складена у масштабі 1:1500000. В легенді до карти (табл.5.14) для кожного макрорайону надається інформація про заморозконебезпечність за такими показниками, як тривалість беззаморозкового періоду, дати весняних і осінніх заморозків у повітрі (на висоті психрометричної будки) і на поверхні ґрунту (оголеного). Перший і восьмий макрорайони охоплюють Українські Карпати і Крим, агрокліматична оцінка умов заморозконебезпечності яких повинна виконуватися з врахуванням висоти та орієнтації гірської системи.

Перехід від дрібномасштабного до середньо- і великомасштабного агрокліматичного районування України за умовами заморозконебезпечності з врахуванням мезо- і мікроклімату здійснюється на прикладі території Одеської області. Дана територія, за дрібномасштабним агрокліматичним районуванням України за заморозконебезпечністю, входить в п'ятий – сьомий макрорайони. Тривалість беззаморозкового періоду тут становить 171-200 діб, припинення весняних заморозків у повітрі і на поверхні ґрунту відзначається відповідно 10-20 і 20-30 квітня, а дати перших осінніх заморозків – 10 жовтня-10 листопада і 1-30 жовтня. Формування мезо- і мікрокліматичної різниці умов заморозконебезпечності зумовлене термодинамічним механізмом при мезо- і мікромасштабних циркуляційних процесах, пов'язаних з наявністю неоднорідної підстильної поверхні, насамперед вертикальним розчленуванням рельєфу. Згідно із геоморфологічним районуванням України на цій території глибина вертикального розчленування рельєфу змінюється від 10 до 100 м, поширені значні рівнинні ділянки, вододільні поверхні і плато, схили різної експозиції і крутизни, дно широких і вузьких долин, заплави. Найбільш значний просторовий перерозподіл термічного режиму, який зумовлює формування умов заморозконебезпечності в весняний і осінній періоди, визначається саме впливом глибини вертикального розчленування рельєфу. Тому за цим показником й виділяються мезорайони.

Подальша деталізація величин показників заморозконебезпечності виконується в залежності від місцезположення на схилі – верхній, середній або нижній частинах. В табл.5.13 представлено результати розрахунку умов заморозконебезпечності за

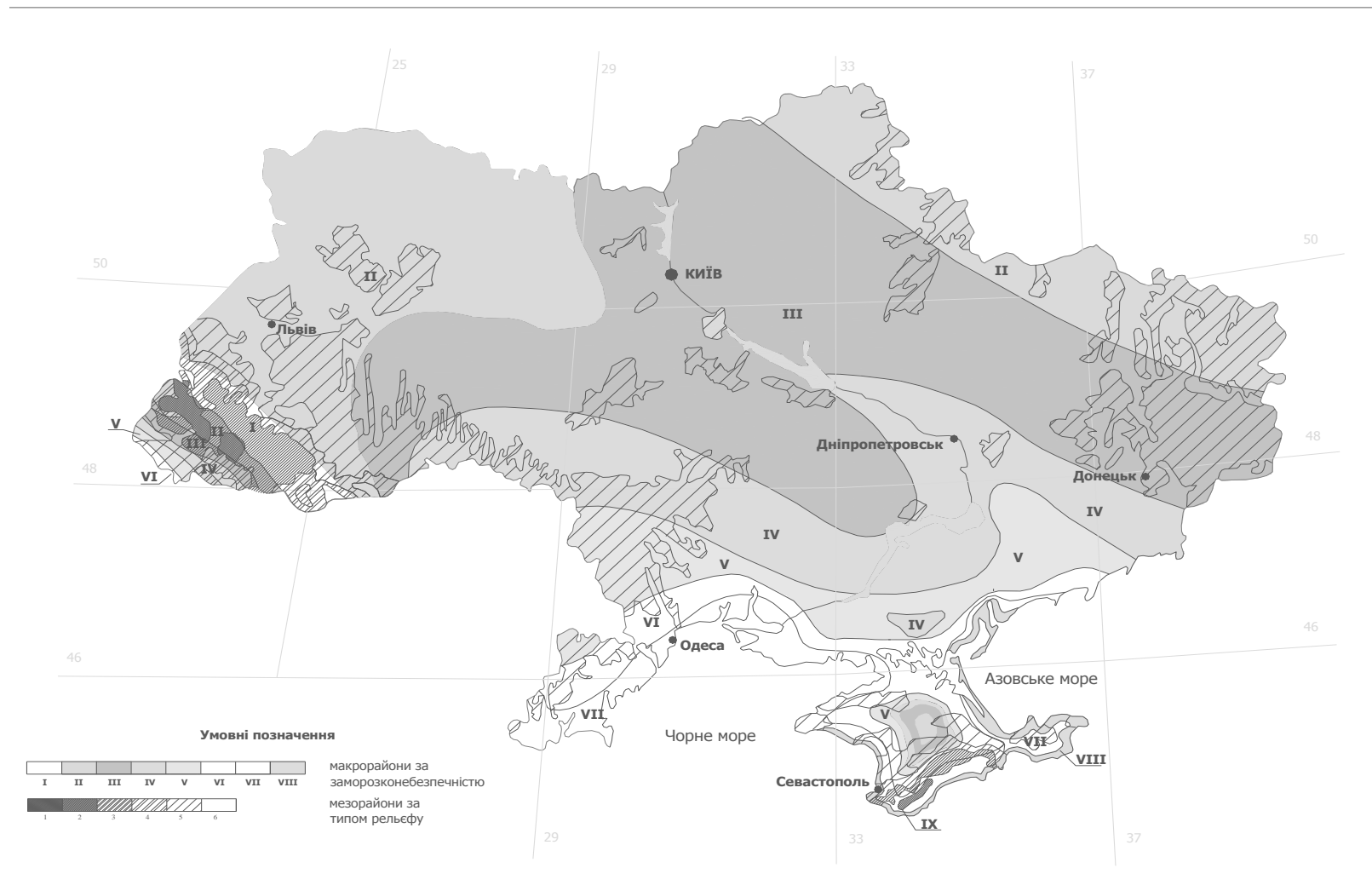


Рисунок 5.7. Карта агрокліматичного районування України за заморозконебезпечністю (легенда до карти в табл.5.13)



Таблиця 5.13 - Дрібномасштабне агрокліматичне районування України за заморозконебезпечністю

Макрорайони	№/п, діб	Дати заморозків			
		весняних (Д <sub>вв</sub> )		осінніх (Д <sub>ов</sub> )	
		у повітрі	на поверхні ґрунту	у повітрі	на поверхні ґрунту
II. Найбільшої заморозконебезпечності	≤ 150	пізніше 30.04	пізніше 10.05	раніше 20.09	раніше 10.09
III. Підвищеної заморозконебезпечності	151-160	25 - 30.04	5 – 10.05	20 - 30.09	10 – 20.09
IV. Заморозконебезпечні	161-170	20 - 25.04	1 – 5.05	1 – 10.10	20 - 30.09
V. Відносної заморозконебезпечності	171-180	15-20.04	26-30.04	10 – 20.10	1- 10.10
VI. Зниженої заморозконебезпечності	181-190	10 – 15.04	20-25.04	20 – 30.10	10 – 20.10
VII. Найменшої заморозконебезпечності	>190-200	раніше 10.04	Раніше 20.04	1-10.11 та пізніше	20-30.10 та пізніше

Примітка. Перший і восьмий макрорайони – територія Українських Карпат і Крим

основним показником – тривалістю беззаморозкового періоду. Так, наприклад, тільки в межах шостого макрорайону виділено два мезорайони: слабопагорбкуватого з глибиною вертикального розчленування рельєфу менше 60 м і пагорбкуватого - 60-100 м. В кожному із мезорайонів виділяються мікрорайони в залежності від форми рельєфу і місцеположення на схилі. Таким чином, в межах одного макрорайону виділено два мезорайони і по 5 мікрорайонів – усього, з врахуванням вирівняних земель, 11 мікрорайонів. В межах першого мезорайону тривалість беззаморозкового періоду в залежності від місцеположення ділянки може змінюватися від 170 до 195 діб, а другого мезорайону – від менше 170 до більше 200 діб. Тобто в межах одного макрорайону діапазон мінливості тривалості беззаморозкового періоду складає 25-30 діб.

На рис.5.8 представлено великомасштабну (1:10000) мікрокліматичну карту агрокліматичного районування території окремого господарства в межах шостого макрорайону, на якій показано виділені в межах першого мезорайону мікрорайони за умовами заморозконебезпечності. В табл. 5.14 надана легенда до карти, в якій представлена кількісна характеристика мікрокліматичних районів. Складена мікрокліматична карта дозволяє ідентифікувати конкретний мікрорайон на місцевості. Точність виділення мікрорайонів складає 10 м., що значно перевищує точність розроблених раніше карт.

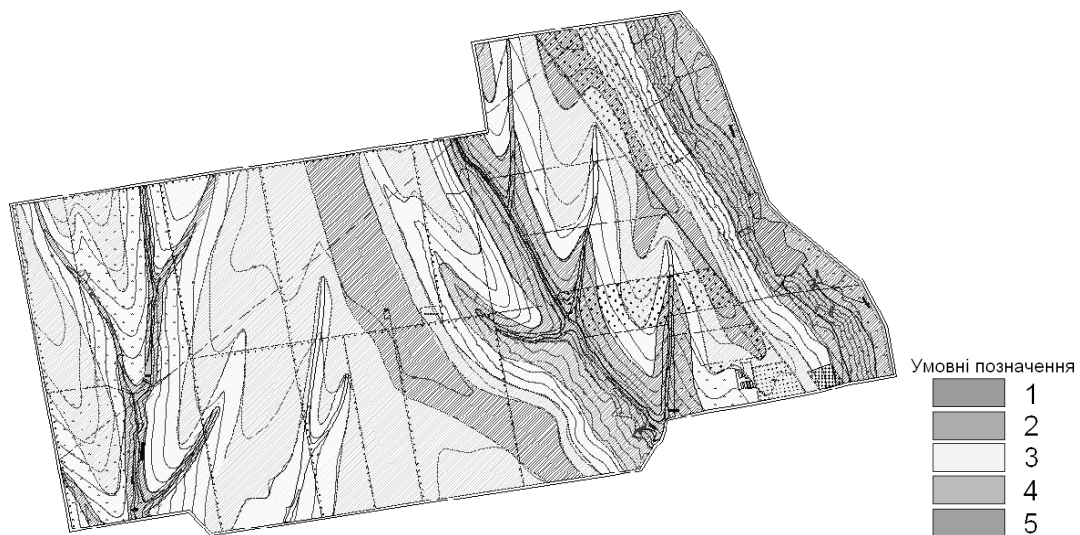


Рисунок 5.8. Карта великомасштабного агрокліматичного районування території окремого господарства за умовами заморозконебезпечності з врахуванням мезо- і мікроклімату (М 1:10000) на ділянці макрорайону VI.

Таблиця 5.14 - Мезо- і мікрокліматичне районування шостого макрорайону України за умовами заморозконебезпечності (тривалість беззаморозкового періоду, доба)

Макро- район	Рівни- на	Мезо- район, ΔН, м)	Вододільн- а поверхня	Частина схилу			Дно долин
				верхня	серед- ня	нижня	
6	181- 190	<60	186-195	186- 195	181- 190	176- 185	170- 180
		60-100	>200	191- 200	181- 190	170- 180	<170

### Список літератури

- 1.Агроклиматические ресурсы и микроклимат Молдавии // Под ред. З.А. Мищенко. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 161 с.
- 2.Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование. // Под ред. Ф.Ф. Давитая, И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 160 с.
- 3.Агроклиматические ресурсы территории социалистических стран Европы. – София: Изд. Болгарской АН, 1971. – 33 с.
- 4.Агроклиматический атлас Украинской ССР // Под ред. С.А.Сапожниковой. – К.: Урожай, 1964. – 36 с.
- 5.Агроклиматическое районирование пяти основных сельскохозяйственных культур на территории социалистических стран Европы. – София: БАМ, 1979. – 123 с. - 14 карт.
- 6.Агроклиматический атлас мира. – М. - Л.: ГУГК. Гидрометеиздат, 1972. – 186 с.
- 7.Атлас природных условий и естественных ресурсов в Украинской ССР. – М.: ГУГК, 1978. – 183 с.
- 8.Вопросы агроклиматического районирования СССР // Под. ред. Г.Т. Селянинова, Ф.Ф. Давитая. – М.: Гидрометеиздат, 1958. – 172 с.
- 9.Гольцберг И.А, Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 196 с.
- 10.Гольцберг И.А. Агроклиматическое районирование территории административных областей / И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – С. 52-79.
- 11.Давитая Ф.Ф. Климатические зоны винограда в СССР. –М.: Пищепромиздат, 1948. – 192 с.
- 12.Кельчевская Л.С. Влажность почв Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 183 с.

13. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 328 с.
14. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей. // Памяти академика Л.С. Берга. – М.: Изд. МСХ СССР, 1955. – С.187-225.
15. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование административного района с учетом микроклимата (на примере Суворовского района Молдовы): автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. геогр. наук: 11.00.09 «Метеорология, климатология, агрометеорология». – Одесса, 1991. – 28 с.
16. Ляшенко Г.В. Комплексне агрокліматичне районування територій із застосуванням ГІС-технологій / З'їзд географічної спілки України. – Чернівці, 2004. – С.298-299.
17. Ляшенко Г.В. Комплексное агроклиматическое районирование Украины по радиационно-тепловым ресурсам / Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – Одесса, 2004. - № 48. - С. 219-225.
18. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование Украины по условиям увлажнения / Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – Одесса, 2005. - № 49. – С. 274-284.
19. Ляшенко Г.В. Агрокліматичне районування заморозконебезпечності на Україні з урахуванням мікроклімату / Матеріали науково-технічної конференції наукових та науково-педагогічних працівників ОДЕКУ. – Одеса, 2005. – С.133-134.
20. Ляшенко Г.В. Агрокліматичне районування України за умовами заморозконебезпечності з урахуванням мезо- і мікроклімату / Культура народів Причорномор'я. – Сімферополь, 2005. - № 61. – С. 15-18.
21. Ляшенко Г.В. Агрокліматичне районування України за тепловими ресурсами дня та ночі з урахуванням мезо- і мікроклімату / Культура народів Причорномор'я. – Сімферополь, 2005. - № 65. - С.16-21.
22. Ляшенко Г.В. Методологические аспекты применения ГИС-технологий при агроклиматическом районировании территорий / Культура народів Причорномор'я. – Сімферополь, 2007. - № 104. – С. 128-132.
23. Ляшенко Г.В. Комплексное разномасштабное районирование Украины / Метеорологія, кліматологія і гідрологія: міжвідомчий науковий збірник України. – Одеса: КНТ, 2008. - № 50. - С.336-341.
24. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование Украины / Украинский гидрометеорологический журнал. – Одесса: Экология, 2008. - № 3. – С.98-108.
25. Микроклимат СССР // Под ред. И.А. Гольцберг. –Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 286 с.
26. Микроклимат холмистого рельефа и его влияние на сельскохозяйственные культуры // Под ред. И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 250 с.

27. Мищенко З.А. Биоклимат дня и ночи. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 280 с.
28. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В. Крупномасштабное картографирование микроклимата по условиям заморозко – и морозоопасности / Изд. АН МССР. Серия биол. и хим. наук. – Кишинев: Штиинца, 1990. - № 3. – С. 60-72.
29. Мищенко З.А. Развитие методов разномасштабного агроклиматического районирования территорий с учетом микроклимата / Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища – 2002: матер. міжн. конф. – Одеса: ОДЕКУ, 2002. – С.256-263.
30. Селянинов Г.Т. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей / Памяти академика Л.С. Берга. – М.-Л.: Гидрометеиздат, 1955. – С.187-225.
31. Селянинов Г.Т. Принципы агроклиматического районирования СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. – М.: МСХ СССР, 1958. – С. 7-14.
32. Чирков Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 251 с.
33. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 247с.

**Питання до заліку з дисципліни «Сучасні проблеми оцінки  
агрокліматичних ресурсів і районування»**

1. Предмет та задачі мікрокліматології, зв'язок мікрокліматології з іншими науками.
2. Назвати показники термічного режиму і теплових ресурсів;
3. Дати визначення «діяльного шару» або «діяльної поверхні»;
4. Надати теоретичне обґрунтування різниці температури діяльної поверхні і температури повітря;
5. Охарактеризувати мінливість температури діяльного шару в різних зонах зволоження;
6. Написати формулу розрахунку температури діяльної поверхні;
7. Написати формулу розрахунку сум денних і нічних температур температур діяльної поверхні за теплий період;
8. Діяльна поверхня як фактор формування мікрокліматичних особливостей територій.
9. Просторова неоднорідність підстильної поверхні та елементи її структури.
10. Енергетичний та динамічний механізм формування мікроклімату
11. Радіаційний та тепловий баланси діяльної поверхні як енергетичний механізм формування мікроклімату.
12. Місцева адвекція, як динамічний фактор, що визначає особливості

мікроклімату.

13. Теплообмін біля поверхні землі вдень і вночі. Особливості термічного режиму на різноманітних діяльних поверхнях.
14. Добовий хід характеристик тепло- та вологообміну в приземному шарі повітря. Температурні градієнти.
15. Добовий хід швидкості вітру. Вертикальний профіль швидкості вітру в приземному шарі повітря.
16. Методи оцінки мезо- та мікрокліматичної мінливості основних факторів клімату.
17. Параметри мікрокліматичної мінливості основних показників агрокліматичних ресурсів.
18. Закономірності мікрокліматичної мінливості показників радіаційних ресурсів.
19. Оцінка мікрокліматичної мінливості теплового балансу й термічного режиму діяльної поверхні на схилах.
20. Оцінка мезо- та мікрокліматичної мінливості теплових ресурсів дня і ночі в діяльному шарі повітря і ґрунту.
21. Закономірності мікрокліматичної мінливості термічного режиму ґрунту під впливом неоднорідної підстильної поверхні (розчленований рельєф, тип і гранулометричний склад ґрунту).
22. Оцінка мікрокліматичної мінливості термічного режиму ґрунту залежно від фізичних властивостей ґрунту.
23. Дати визначення поняттю «Бонітет клімату».
24. Надати характеристику відомим методам розрахунку біокліматичного потенціалу і бонітету клімату;
25. Пояснити різницю методів розрахунку біокліматичного потенціалу і бонітету клімату Сапожнікової С.А., Шашко Д.І. і Міщенко З.А.
26. Охарактеризувати перевагу і недоліки визначення біокліматичного потенціалу та бонітету клімату кожного із методів;
27. Описати параметри, що входять до формул розрахунку біокліматичного потенціалу і бонітету клімату за кожним із відомих методів.
28. В чому суть агрокліматичного районування територій та його відмінність від кліматичного районування.
29. Підходи до агрокліматичного районування.
30. Методи галузевого агрокліматичного районування та їх різниця.
31. Тематичне та комплексне картографування агрокліматичних ресурсів.
32. Алгоритм різномасштабного агрокліматичного районування.
33. Фонові агрокліматичні карти.
34. Дрібно-, середньо- і великомасштабні карти.
35. Особливості складання тематичних великомасштабних карт.

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ  
ТА РАЙОНУВАННЯ**  
Навчальний посібник

Ляшенко Галина Віталіївна

доктор геогр. наук, професор Ляшенко Г.В.

Підп. до друку                      Формат 60x84/16    Папір офс.  
Умовн. друк. арк.                      Тираж                      Зам. №  
Надруковано з готового оригінал-макета

---

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

---