

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт магістрів з дисципліни

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ
РЕСУРСІВ ТА РАЙОНУВАННЯ»**

Спеціальність "Агрометеорологія", "Агроекологія"

УЗГОДЖЕНО
на факультеті магістерської
та аспірантської підготовки
Декан
_____Боровська Г.О.

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри агрометеорології
та агрометеорологічних прогнозів
Протокол №__ від _____ 2015р.
Зав. кафедрою
_____Польовий А.М.

Одеса – 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт магістрів
з дисципліни

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ
РЕСУРСІВ ТА РАЙОНУВАННЯ»**

Одеса-2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт магістрів з дисципліни

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ
РЕСУРСІВ ТА РАЙОНУВАННЯ»**

Спеціальність "Агрометеорологія", "Агроєкологія"

УЗГОДЖЕНО
на факультеті магістерської
та аспірантської підготовки
Декан
_____ Боровська Г.О.

Одеса – 2015

Методичні вказівки до практичних робіт магістрів 2-го курсу з дисципліни «Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування». Спеціальність - Агрометеорологія // Укладачі: д. геогр. наук, проф. Ляшенко Г.В., асистент, к.геогр.н. Данилова Н.В. – Одеса, ОДЕКУ, 2013. - 44 с.

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування» належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін, яка викладається при підготовці магістрів з напрямку «Гідрометеорологія», спеціальності Агрометеорологія і «Агроекологія».

Метою курсу «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 бонітету клімату.

Загальний обсяг годин, що відводиться на вивчення дисципліни визначається нормативними документами стандартів освіти.

Дисципліна "Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування" опирається на знання, отримані при вивченні кліматології, вищої математики, геоморфології, біології, ґрунтознавства, сільськогосподарської метеорології, агрокліматології, мікрокліматології, картографії.

Отриманні знання з цієї дисципліни у подальшому будуть використанні при проведенні наукових досліджень, направлених на деталізацію агрокліматичних ресурсів територій на регіональному та локальному рівні з метою вирішення проблеми оптимізації розміщення сільськогосподарських культур.

Дисципліна забезпечена програмою курсу і в поточний період розробляється курс лекцій та методичні вказівки до самостійної роботи магістрів.

З метою контролю поточних та залишкових знань розроблено тестові завдання, проводиться модульний контроль знань та вмінь магістрів з теоретичного та практичного матеріалу. В кінці курсу складається залік.

Методика модульного контролю з дисципліни „Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування" розроблена у відповідності до положення про модульну систему організації навчання та контролю знань студентів (28.11.2013). В основі методики лежить

розподіл програми навчального курсу на логічно пов'язані блоки-модулі з оцінкою засвоєння студентами знань та вмінь за цими модулями.

Після вивчення курсу "Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування" і виконання усього обсягу практичних робіт магістр повинен

Знати:

- методи визначення агрокліматичних показників, які застосовуються для оцінки ресурсів світла, тепла і вологи у діяльному шарі;
- методи визначення агрокліматичних показників, яким притаманна чутливість до типів та видів неоднорідностей підстильної поверхні;
- методи агрокліматичного районування територій різного масштабу просторового осереднення;
- методики різномасштабного картографування агрокліматичних показників;
- сучасні методи оцінки бонітету клімату;

Вміти:

- проводити розрахунки ресурсів світла, тепла і вологи у діяльному шарі;
- здійснювати розрахунки перерозподілу агрокліматичних ресурсів під впливом неоднорідностей підстильної поверхні;
- проводити розрахунки біокліматичного потенціалу територій для різних сільськогосподарських культур та в умовах неоднорідної підстильної поверхні;
- виконувати спеціалізоване агрокліматичне районування територій у різному масштабі осереднення;
- виконувати картографування агрокліматичних показників;

Дисципліна «Сучасні проблеми оцінки агрокліматичних ресурсів та районування» складається з лекцій, практичних занять та самостійної роботи над теоретичним і практичним курсом. Впродовж семестру магістри здають одну контрольну роботу за угрупованими темами з теоретичного курсу і захищають три практичні роботи.

Згідно із робочою програмою магістри виконують такі практичні завдання:

1. Розрахунок температури діяльного шару.
2. Оцінка просторового перерозподілу агрокліматичних ресурсів під впливом елементів підстильної поверхні (на прикладі температури діяльного шару).
3. Розрахунок біокліматичного потенціалу і бонітету клімату для умов неоднорідної підстильної поверхні.

Після виконання практичних робіт магістри повинні знати

теоретичні відомості за вищевказаними темами, вміти виконувати розрахунки температури діяльного шару для умов рівного місця і для різних типів підстильної поверхні, а також виконувати розрахунки біокліматичного потенціалу і бонітету клімату для умов неоднорідної підстильної поверхні як показника, який характеризує забезпечений агрокліматичними ресурсами рівень врожайності.

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1

РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРИ ДІЯЛЬНОГО ШАРУ

Теоретичні відомості про діяльний шар та його гідротермічний режим

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 повітряобміном. 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 повітряобмін впродовж доби і сезонів року. Вказане свідчить на необхідність, при детальній оцінці термічного режиму і теплових ресурсів територій та теплозабезпеченості рослин, уточнення традиційної метеорологічної та агрометеорологічної інформації шляхом введення нових показників.

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 менше радіаційного балансу ($LE < R$), різниця температури рослини і повітря ($T_p - T_n$) завжди додатна. Причому, чим менше тепла витрачається на випаровування, тим більше, 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 холодніше повітря.

В останні десятиріччя запропоновано декілька показників, які відбивають вимоги рослин до тепла і пов'язані з механізмами фото - і термоперіодизму, притаманних усім процесам життєдіяльності рослин. Це, насамперед, такі показники, як денна і нічна температури, їх суми, добова амплітуда температур, різниця денних і нічних температур, температура діяльного шару і її сума. Температура діяльного шару розраховується за різницею між температурою зімкненого рослинного покриву і температурою повітря із застосування рівняння теплового балансу:

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

де T_w, T - температура зімкненого рослинного покриву; Ro, LE, B - радіаційний баланс, витрати тепла на випаровування і теплообмін у ґрунті; ρ, c_p, Dd - щільність і питома теплоємність повітря за сталого тиску та коефіцієнт зовнішньої дифузії; δ, σ, 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 у 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 з температури різних типів діяльної поверхні, в тому числі, з температури самих рослин. Матеріали містять інформацію, отриману 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 вище температури навколишнього

повітря. Найбільший перегрів рослин спостерігається в ясні дні зі слабким вітром. Листки рослин, які орієнтовані перпендикулярно сонячним променям, можуть бути на 5 – 15 °С тепліше 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 холодніше повітря на рівні будки не більше ніж на 1,5 – 3 °С. Виявлена різниця в добовому ході температури діяльної поверхні й повітря сильно згладжуються 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 різних типів діяльної поверхні вдень і вночі показав, що температура діяльної поверхні вдень (радіаційний нагрів) порівняно з середньою денною температурою повітря досягає 5-8 °С в умовах надмірного зволоження і до 2-3 °С – 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 величиною і має мінусовий знак.

Розрахунок сум температур діяльної поверхні вдень і вночі З. 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; $(T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}})$ – різниця денної температури діяльної поверхні (радіаційний нагрів діяльної поверхні) і денної температури в метеорологічній будці на рівному місці; $(T_{\text{вн}} - T_{\text{н}})$ – різниця нічної температури діяльної поверхні (радіаційне вихолодження) і нічної температури в будці на рівному місці.

Усередненні різниці температури діяльної поверхні і повітря для двох зон зволоження (посушливої і достатнього зволоження) в розрізі весняно-літніх місяців представлено в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Різниця температури діяльної поверхні (листка) і температури повітря у метеорологічній будці 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

Порядок виконання роботи

1. Виписати із агрокліматичного довідника для однієї метеостанції середні місячні, максимальні і мінімальні температури за теплий період.
2. Виконати розрахунки середньомісячних денних і нічних температур повітря з квітня по жовтень за відомими формулами або графіками (із дисципліни «Агрокліматологія»).
3. Згідно із зоною зволоження обраної метеостанції за формулами 1.1 і 1.2 та даних табл.1.1 виконати розрахунки сум денних і нічних температур діяльної поверхні (радіаційного нагріву і радіаційного вихолодження).
4. Побудувати графік ходу середньодобових, максимальних, мінімальних, денних і нічних температур діяльної поверхні з квітня по жовтень.
5. Скласти графік накопичення сум денних і нічних температур повітря та сум денних і нічних температур діяльної поверхні
6. Скласти порівняльну діаграму сум денних і нічних температур повітря та сум денних і нічних температур діяльної поверхні.
7. Виконати аналіз одержаних результатів.
8. Скласти протокол виконання практичної роботи для захисту.

Контрольні питання до практичної роботи:

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;

Список літератури

1. Мищенко З.А. Агрокліматологія. Учебник. - Киев:КНТ. – 2009. – 511с.
2. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В. Мікрокліматологія. Посібник. – Киев:КНТ. – 2007. – 365с.
3. Биоклімат дня и ночи. - Л.: Гидрометеиздат, 1984, 317с.
4. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агрокліматические ресурсы Украины и урожай. Монографія. – Одесса:Екологія. -2011. –С.90-126с.

Практична робота 2

ОЦІНКА ПРОСТОРОВОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДСТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ (на прикладі температури діяльної поверхні)

Теоретичні відомості про просторовий перерозподіл агрокліматичних ресурсів під впливом елементів підстильної поверхні

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 у зоні вічної мерзлоти все літо на південних схилах досягає 20-30см, а на північних 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 за допомогою даних станцій метеорологічної та актинометричної мережі для різних елементів підстильної поверхні неможливо.

У житті рослин тепловий фактор є основним і незамінним. Питання лише в тому, який термічний показник або групу показників варто використовувати для вірних екологічних висновків. В цьому сенсі безсумнівну перевагу, як основний термічний показники мають денна і нічна температури діяльної поверхні ($T_{\text{вдн}}$, $T_{\text{вн}}$) і показники інтенсивності радіаційного нагріву у вигляді різниці ($T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$) та радіаційного вихолодження ($T_{\text{вн}} - T_{\text{н}}$). Матеріали з ($T_{\text{вдн}} - T_{\text{дн}}$) і ($T_{\text{вн}} - T_{\text{н}}$) та її сум ($\sum T_{\text{вдн}}$) ($\sum T_{\text{вн}}$) дозволяють кількісно оцінити особливості термічних умов діяльного шару, в тому числі, 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 ефективним може стати розрахунковий метод визначення температури діяльного шару, який базується на застосуванні рівняння теплового балансу, запропонованого М. І. Будико. Перші розрахунки радіаційного нагріву ($T_w - T_d$) й (T_w) на північних і південних схилах для середніх добових величин були виконані М. І. Будико і Ян Пхиль Єном для умов Волгограду, Кокчетаву й Ташкенту. При цьому використовувалася модифікована формула рівняння теплового балансу для схилу й рівного місця у вигляді:

$$(T'_w - T_w) = \frac{R_0 - R'_0}{\rho c_p D + 4S\delta T^3 \cos^2 \frac{\alpha}{2} + \beta L\rho Dk} \quad (2.1)$$

де T_w - середня добова температура діяльної поверхні на схилі; T'_w - те ж на рівному місці; R_0 - радіаційний баланс на схилі; ρ - щільність повітря; D - коефіцієнт зовнішньої дифузії; C_p - питома теплоємність повітря за постійного тиску; S - коефіцієнт, який характеризує властивості випромінюючої поверхні, який прийнято вважати рівним 0,95; δ - постійна Стефана-Больцмана; L - прихована теплота пароутворення; α - крутість схилу; β - 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 10^0 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 β . 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 в поточний період 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:

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

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

Розрахунок усіх параметрів виконаний для 13 годин дня. Коефіцієнт зовнішньої дифузії D характеризується найбільшою стійкістю в полуденні години доби й прийнятий рівним $1 \text{ см} \cdot \text{сек}^{-1}$. 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 визначено 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 $T_{дн}$ і T^{13} , $T_{вдн}$ і T_w^{13} , виконано розрахунки радіаційного нагріву схилів в денні години доби у вигляді різниці $(T_{вдн} - T_{дн})$. Методика переходу від $(T_{вдн} - T^{13})$ до $(T_{вдн} - T_{дн})$ і від T_w^{13} до $T_{вдн}$ 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° за даними 75-ти актинометричних і метеорологічних станцій (за період з квітня по вересень, а для деяких із них - за весь теплий період з T_d вище 10°C). Одночасно було виконано 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 °С, а на півдні Середньої Азії – 10-12 °С. В липні різниця ($T_{\text{вдн}}-T_{\text{дн}}$) в північній і центральній частині Росії збільшується до 6 °С, а на півдні Середньої Азії – навіть до 12-14 °С.

Розрахунок денної і нічної 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 $T_{\text{дн}}$ і $T_{\text{н}}$ - середня денна і середня нічна температура повітря за конкретний місяць; $T_{\text{вдн}}$, $T_{\text{вн}}$ - радіаційний нагрів вдень і радіаційне вихолоджування вночі діяльної поверхні на відкритому рівному місці; $T'_{\text{вдн}}$, $T'_{\text{вн}}$ - те ж на різних схилах.

За кліматологічними розрахунками $T'_{\text{вдн}}$ для схилів і даних 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° 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 становить влітку відповідно 3-4 і 7-8°С. Максимальна різниця нагріву діяльної поверхні на схилах

спостерігаються навесні й восени. В зоні надмірного зволоження південні схили крутістю 10° навесні на 2, а восени - на 2-3 $^{\circ}$ C тепліше північних. На тих же схилах крутістю 20° мікрокліматична різниця

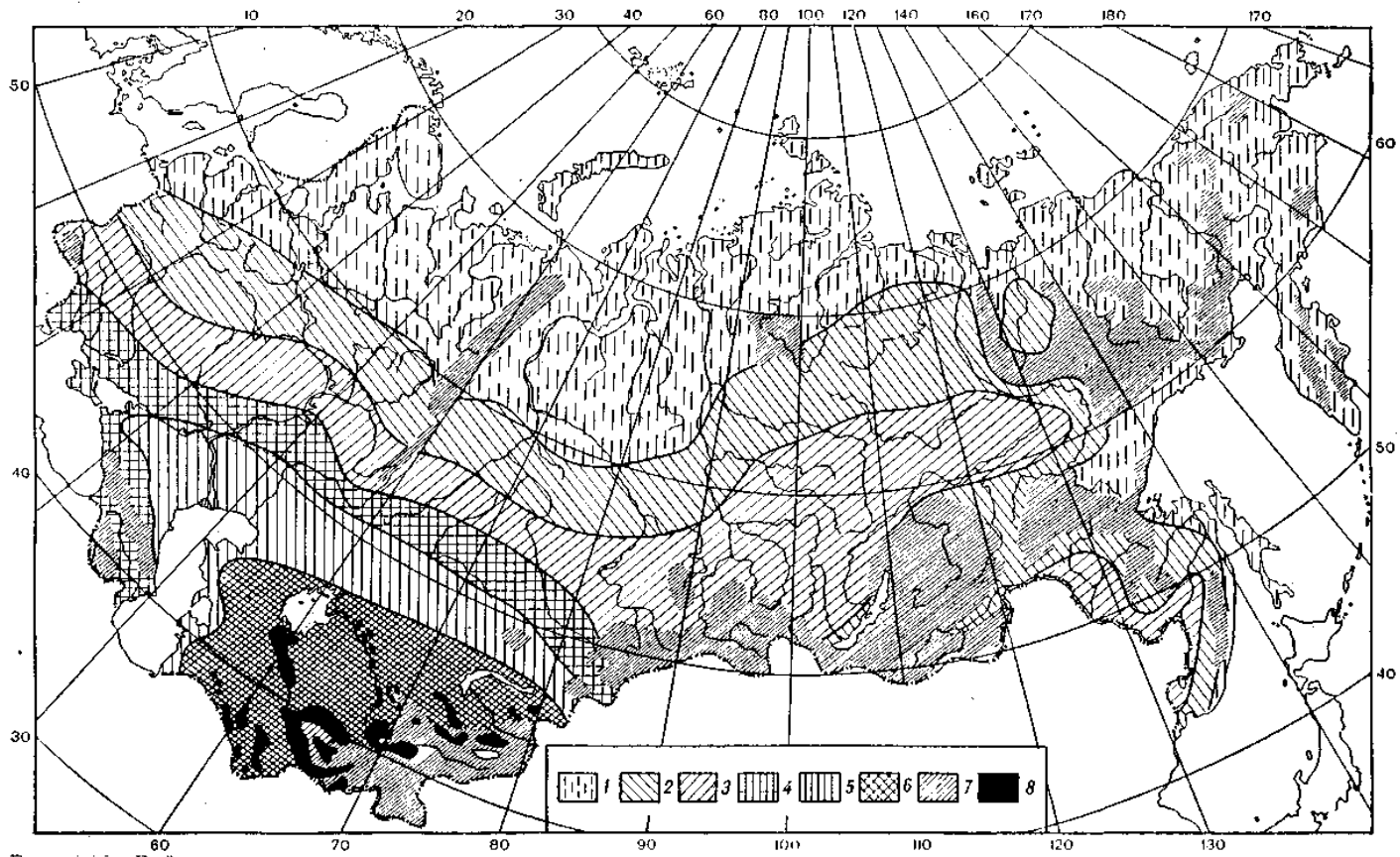


Рис.2.1. Районування просторової мінливості радіаційного нагріву діяльної поверхні ($T_{\text{вдн}}-T_{\text{дн}}$) з урахуванням експозиції й крутості схилів на території СРСР. Літо. Райони 1-6 (табл. 2.1); 7 – гори висотою 1500 м та вище; 8 - зрошувальні оазиси).

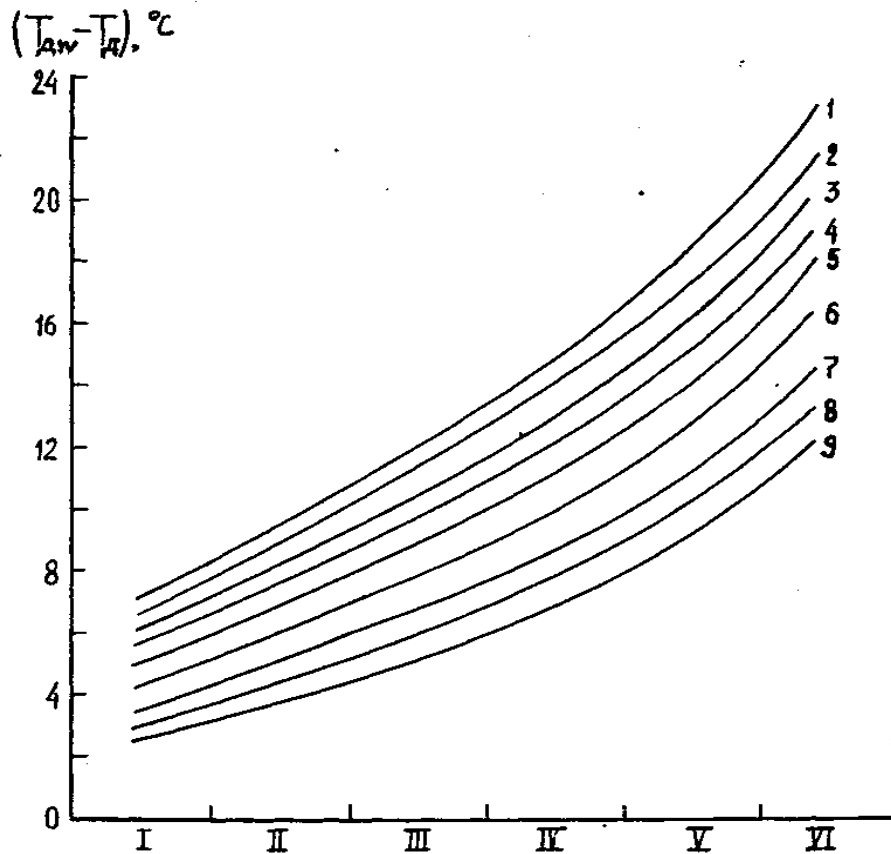


Рис. 2.2 – Номограма для розрахунку радіаційного нагріву діяльної поверхні ($T_{\text{дн}} - T_{\text{дн}}$), °C на схилових землях влітку. Зони зволоження: I - надмірного, II - достатнього, III - слабо посушлива, IV - посушлива, V - дуже посушлива, VI - суха. Південні схили, крутість, °: 1 - 20; 2 - 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_0	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

збільшується до 3-4⁰С навесні і до 4-5⁰С - восени. В дуже посушливій і сухій зонах ця різниця на схилах різної експозиції й крутості максимальна: південні схили крутістю 10⁰ навесні на 4-5, а восени - на 5-6⁰С тепліше північних. На тих же схилах крутістю 20⁰ різниця зростає відповідно до 7-8⁰С навесні й 10-14⁰С - восени. Додаткове тепло, яке отримують південні схили крутістю 10 й 20⁰, 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 було введено 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 - 7-14⁰С. Верхня частина номограми характеризує місцеположення з інтенсивним радіаційним нагрівом (до 9-14⁰С) - верхні частини крутих схилів з південної складовою, а нижня частина номограми - місцеположення з найменшим нагрівом діяльної поверхні (не більше 2-8⁰С) - верхні частини крутих схилів з північної складовою.

Для розрахунку сум денних температур діяльної поверхні на схилах ($\Sigma T_{\text{вдн}}$) за відповідними сумами температур ($\Sigma T_{\text{вдн}}$) на рівному місці, а також за традиційними сумами середніх добових температур повітря вище 10⁰С (ΣT_c) розроблено перехідні коефіцієнти

$$K_w = \frac{\Sigma T'_{\text{дв}}}{\Sigma T_{\text{дв}}} \quad K_c = \frac{\Sigma T_{\text{дв}}}{\Sigma T_c}$$

Знаючи фонову величину ($\Sigma T_{\text{вдн}}$) і ΣT_c на рівнинних землях, можна визначити можливі величини $\Sigma T_{\text{вдн}}$ для різних місцеположень на схилах за формулами:

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

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

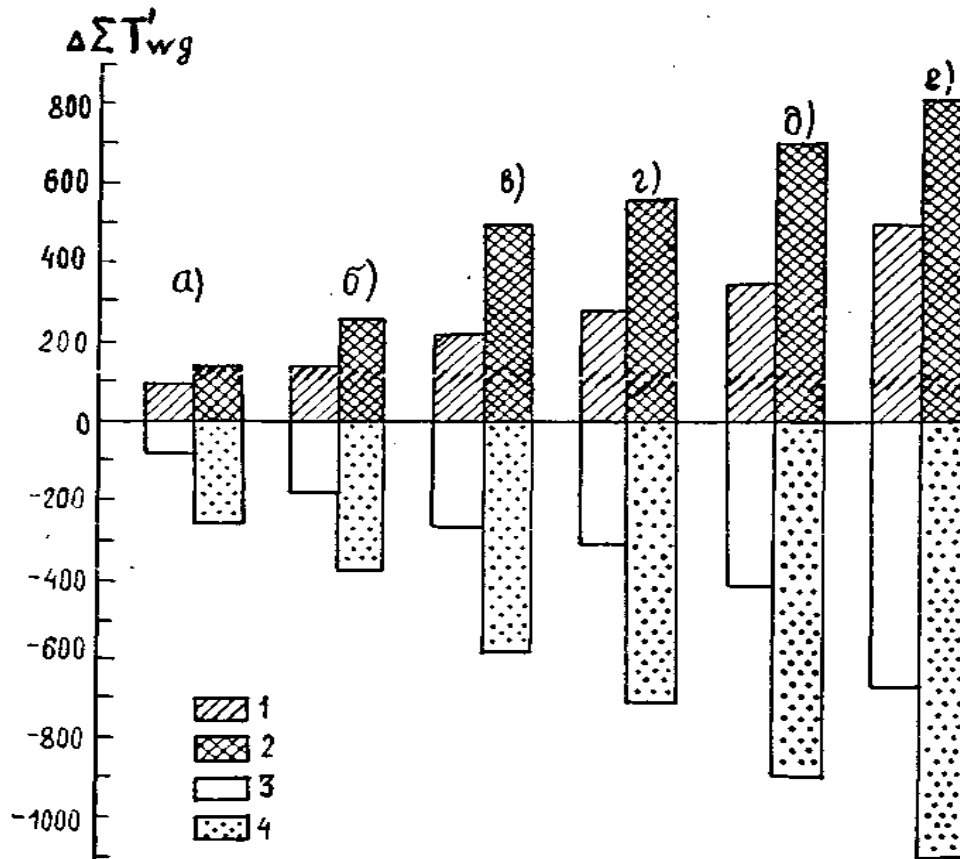


Рис.2.3- Відхилення сум денних температур діяльної поверхні вище 10⁰С на південних і північних схилах порівняно порівняно з рівним місцем; а) Хібіни, б) Москва, в) Одеса, г) Владивосток, д) Ашхабад, е) Тбілісі. 1 і 2 - південний схил крутістю 10 і 20⁰; 3 і 4 - північний схил крутістю 10 і 20⁰

Перехідні коефіцієнти K_w характеризуються незначною мінливістю 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 $\sum T_{\text{вдн}}$ збільшуються на північних схилах на 40-60%, а на південних - відповідно на 70-80% порівняно із сумами тепла на рівні будки ($\sum T_c$). 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 ΣT_c ($^{\circ}\text{C}$) на обмеженій території.

Параметри	Північний схил				Південний схил			
	5	10	15	20	5	10	15	20
Вологодська область								
$\Sigma T'_{\text{вдн}} / \Sigma T_{\text{вдн}}$	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	-
Іркутська область								
$\Sigma T'_{\text{вдн}} / \Sigma T_{\text{вдн}}$	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
Оренбурзька область								
$\Sigma T'_{\text{вдн}} / \Sigma T_{\text{вдн}}$	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

Порядок виконання роботи

1. Виписати із агрокліматичного довідника для однієї метеостанції середні місячні, максимальні і мінімальні температури за теплий період.
2. Виконати розрахунки середньомісячних денних і нічних температур повітря з квітня по жовтень за відомими формулами або графіками (із дисципліни «Агрокліматологія»).
3. Згідно із зоною зволоження обраної метеостанції за формулами 2.4 і 2.5 та даних табл.2.1 виконати розрахунки сум денних і нічних температур діяльної поверхні (радіаційного нагріву і вихолоджування).
4. Побудувати графік ходу середньодобових, максимальних, мінімальних, денних і нічних температур діяльної поверхні з квітня по жовтень.
5. За формулами 2.6 і 2.7 та даних табл.2.2 виконати розрахунки сум денних і нічних температур діяльної поверхні для схилів південної і північної експозицій крутістю 5, 10, 15 і 20°.
6. Скласти порівняльну діаграму накопичених сум денних і нічних температур діяльної поверхні для схилів південної і північної експозицій крутістю 5, 10, 15 і 20°.
7. Виконати аналіз одержаних результатів.
8. Скласти протокол виконання практичної роботи для захисту.

Питання до практичної роботи.

1. Назвати показники термічного режиму і теплових ресурсів, яким

- притаманна значна чутливість до мікроклімату;
2. Обґрунтувати доцільність застосування методу теплового балансу для розрахунку теплових ресурсів діяльної поверхні;
 3. Назвати основні типи неоднорідної поверхні, які зумовлюють різницю у формуванні теплових ресурсів діяльної поверхні;
 4. Пояснити різницю у формуванні теплових ресурсів діяльної поверхні в різних зонах зволоження;
 5. Назвати перехідні коефіцієнти для розрахунку теплових ресурсів діяльного шару різних типів підстильної поверхні.

Список літератури

1. Мищенко З.А. Агрокліматологія. Учебник. - Київ:КНТ. – 2009. – 511с.
2. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В. Мікрокліматологія. Посібник. – Київ:КНТ. – 2007. – 365с.
3. Биоклимат дня й ночі. - Л.: Гидрометеоздат, 1984, 317с.
4. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агрокліматические ресурсы Украины и урожай. Монографія. – Одесса:Екологія. -2014. –С.47-126с.

Практична робота 3

РОЗРАХУНОК БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЙ

Теоретичні відомості з визначення біокліматичного потенціалу та бонітету клімату

Інтегральна інформація про клімат має значне прикладне значення при порівняльній оцінці територій, потенціальні можливості яких лімітуються різними агрокліматичними умовами. Із усього спектру 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 рівні.

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 минулого СРСР і країн Східної Європи. Розвиток цього напрямку здійснений Шашко Д. І., який був 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 P_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°C , а ресурсів вологи - ГТК Селянінова. Зважаючи на те, що тривалість вегетаційного періоду пов'язана з величиною ΣT_c , автор запропонувала виконувати розрахунок врожайності (Y_n) на одиницю суми тепла. З цією метою використовується ΣT_c вище 10°C , зменшена в 100 разів. Тоді величина показника продуктивності клімату P_k будь-якої території розраховується за формулою

$$P_k = \frac{Y_n}{\Sigma T_c > 10^{\circ}\text{C} : 100}, \quad (3.1)$$

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

Наприклад, для певного району за врожайності пшениці 21 ц/га і сумі активних температур 1700°C показник продуктивності клімату P_k буде складати

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

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

$$Y_n = P_k \cdot (\Sigma T_c > 10^0 C / 100) \quad (3.3)$$

За результатами розрахунку P_k і використання інших даних Сапожнікова С. А. склала карту розподілу сільськогосподарського бонітету клімату на території минулого 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, лісостепові і степові (північностепова підзона) України та південна частина Далекého 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 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_k) та здійснена його реалізація на прикладі території ЄЧ СРСР і Східної Європи. Бонітет клімату B_k визначається за такою схемою.

Для умов природного зволоження виконується розрахунок бонітировочного балу клімату:

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

де B_k – бонітировочний бал клімату, який кількісно дорівнює умовній врожайності зернових за певного співвідношення тепла і вологи; ε – бонітировочний бал зволоження, який дорівнює осередненій врожайності культур (ц/га), віднесеному 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 (мм) за холодний період, (жовтень-березень); P_m – те ж за теплий період (квітень-вересень); 0,5 – коефіцієнт, який характеризує питому вагу опадів за холодний період у формуванні врожайності; $0,18 \cdot \Sigma T_c > 10^0 C$ – випаровуваність за рік за Будико М.І.

Проведений кореляційний і регресійний аналіз показав, що залежність ε від K_ε (в межах K_ε від 0,4 до 1,6) може бути наближено апроксимовано параболою

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

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

Таблиця 3.1 - Диференціація коефіцієнтів зволоження K_ε і ε в різних зонах зволоження

Зона зволоження	K_ε	ε
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

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

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

Складена карта сільськогосподарського бонітету клімату наочно показала просторову зональну мінливість вказаних показників і бонітету клімату, що дозволило виявити визначаючий фактор на особливості формування бонітету. Кінцевою задачею стала порівняльна характеристика «ціни гектару» територій з різними агрокліматичними умовами стосовно до формування врожайності ярих зернових культур. Встановлено, що на значній площі B_{κ} змінюється від 25 до 70 балів. Майже уся західна третина території країн Східної Європи має B_{κ} 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_{κ} більше 50-55 балів. На території ЄЧ СРСП відзначається збільшення діапазону мінливості B_{κ} . 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_{κ} досягає 70 балів.

Надалі ними була виконана порівняльна оцінка середнього балу сільськогосподарського бонітету клімату в межах окремих країн Східної Європи і по відношенню (у відсотку) до бонітету клімату на території ЄЧ СРСП (табл. 3.2.). Наочно видно, що B_{κ} в середньому по країні, найменший на ЄЧ СРСП і не перевищує 30-45 балів. В Польщі і Німеччині він збільшується відповідно до 35-40 і 40-45 балів, в Чехії, Словачині і Румунії – до 40-50 і 40-55 балів, а в Угорщині і Болгарії – до 50-55 і 50-60 балів.

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 вдосконаленні. 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.

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 Словачина	40-50	118
Румунія	40-55	126
Угорщина	50-55	139
Болгарія	50-60	145

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 росту 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 братися наступним чином:

- $1000^0 C$ – в порівнянні з біокліматичним потенціалом на північній межі польового землеробства;
- $1900^0 C$ - в порівнянні з середнім для території СРСР БКП;
- $3100^0 C$ – в порівнянні з найвищим біокліматичним потенціалом.

Коефіцієнт росту K_p являє собою 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

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

де ΣP – кількість опадів за рік (мм); $\Sigma(E-e)$ – сума дефіцину насичення вологості повітря за рік (мм).

Виявлено, що оптимальні умови вологозабезпеченості складаються за величини $Md = 0,50 - K_p$ складає одиницю. В сухих умовах південного степу Md не перевищує 0,10-0,20, а коефіцієнт росту 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). Ним на осі абсцис відкладаються величини показника зволоження, у полі графіку – суми температур, на осі ординат – бал БКП і врожайність культури. Наочно видно значне зростання величини БКП і врожайності із покращенням умов зволоження і збільшення величини сум температур, причому визначальним чинником є умови зволоження. Аналогічні графіки були складені й для деяких інших сільськогосподарських культур з диференціацією по зонам зволоження. За графіками визначеної 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).

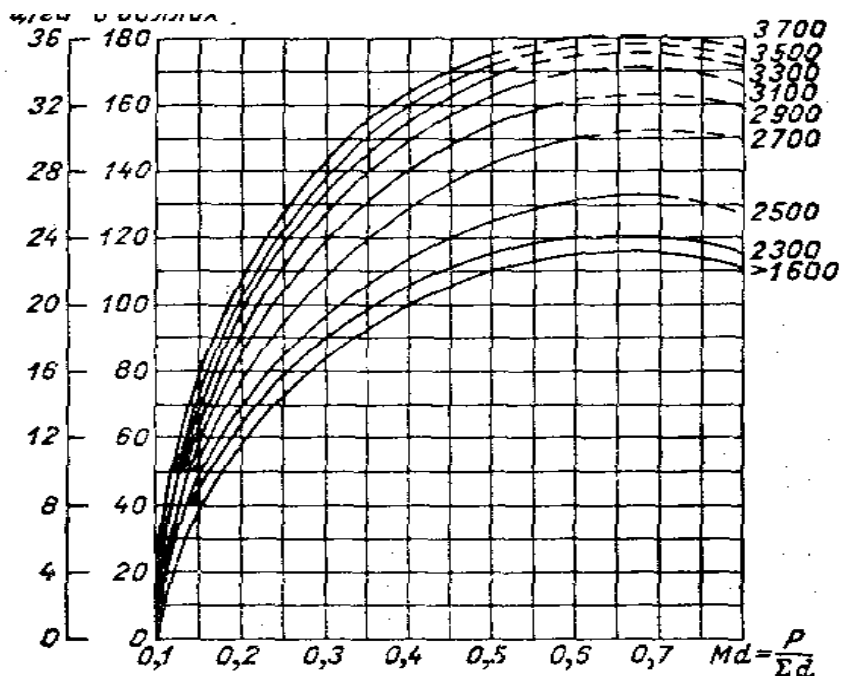


Рис.3.1 – Зв'язок величини врожаю зернових культур з показником зволоження

За даними табл. 3.3 і розрахункової формули визначено коефіцієнти росту K_p і складено графік зв'язку K_p з Md (рис. 3.2). Близькість величин емпіричних і розрахункових коефіцієнтів росту вказує на надійність застосованих методів розрахунку – відносної

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

T _c > 10°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 коефіцієнту зволоження

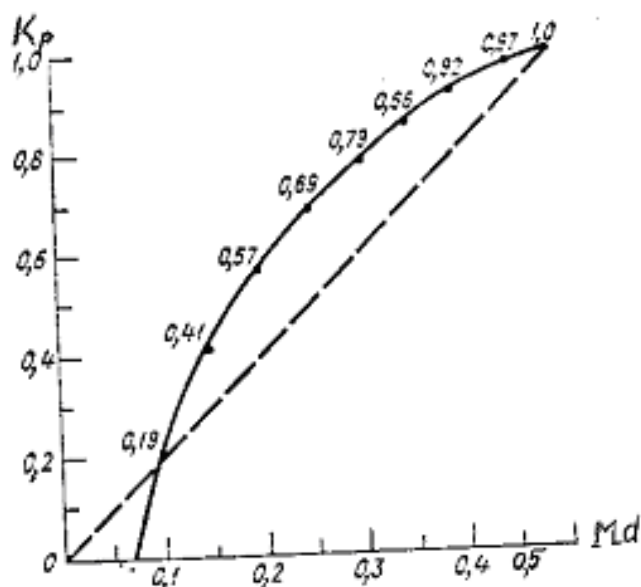


Рис. 3.2 – Зв'язок коефіцієнту росту $K_{p(c)}$, K_p з величиною коефіцієнту зволоження

продуктивності клімату (біокліматичного потенціалу) в різних зонах зволоження. Для підвищення точності розрахунку БКП виконувався розрахунок сукупного коефіцієнту росту як добутку коефіцієнтів росту за ресурсами тепла і умовами 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:

$$B_k = K_p \frac{\Sigma T_c \cdot 100}{1000^0 C} = 55BKП, \quad (3.10)$$

$$B_{k(on)} = K_p \frac{\Sigma T_c \cdot 100}{3100^0 C} = 0,6B_k, \quad (3.11)$$

де B_k і $B_{k(on)}$ – бонітет клімату відповідно за сум температур за період з температурами вище $10^0 C$ в 1900 і $3100^0 C$.

Величина 55 являє собою коефіцієнт пропорційності, який розрахований Д. І. Шашко, виходячи із положення, що середня врожайність сільськогосподарських культур в ареалі вирощування на території минулого СРСР відповідає БКП на рівні 1,9, який прийнято за 100 балів, а різниця між БКП, розрахованим за базових сум температур 1000 і 1900 $^0 C$ і виражених відсотках 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 складено для території минулого СРСР дрібномасштабні карти їх розподілу за природного зволоження, на якій виділено райони і підрайони. До карти додається легенда у вигляді таблиці, де надається інформація з *БКП* і *Бк* (табл. 3.4). На даній території виділено 7 макрорайонів з диференціацією за сумами температур, які поділяються на 2-3 підрайони. Запропонована наступна градація сумм температур стосовно теплозабезпеченості зернових культур (теплові пояси):

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

Центральна частина території польового землеробства характеризується відносно підвищеною біологічною продуктивністю

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

Біологічна продуктивність	Макрорайони і підрайони	БКП	<i>Бк</i> , бали	Врожайність зернових
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

клімату. На північ від цього макрорайону відзначається зниження продуктивності через нестачу тепла, а на південь – через нестачу

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

Підвищена біологічна продуктивність клімату з $BKP \approx 2,2-2,8$ і $B_k \approx 120-155$ балів відзначається в добре забезпечених теплом західній частині лісової зони, лісостепу України, передгірських районбах слабкопосушливої зони Північного Кавказу, мусонних районах Далекого Сходу. До макрорайону підвищеної продуктивності відноситься територія з $BKP \approx 2,8-3,4$ і $B_k \approx 155-190$ балів слабкопосушливого найбільш забезпеченого теплом Північного Кавказу, а до макрорайону з високою продуктивністю ($BKP > 3,4$; $B_k \approx 190 - 210$ 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 і відповідна зміна врожайності зернових культур – від макрорайону 9 ц/га в I-му макрорайоні до 46-48 ц/га – і VII-му макрорайоні підрайоні 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 BPK і B_k для зернових культур, в тому числі, з переводом 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 $\Sigma T_c = 1600-2200$ °C і охоплює більшу частину землеробної частини СРСР, 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 $\Sigma T_c = 2200-6000$ °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 (ΣT_c вище 8000 $^{\circ}\text{C}$) та достатнього річного зволоження (Md 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 B_k (осередненого гектару) 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 гектару 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.

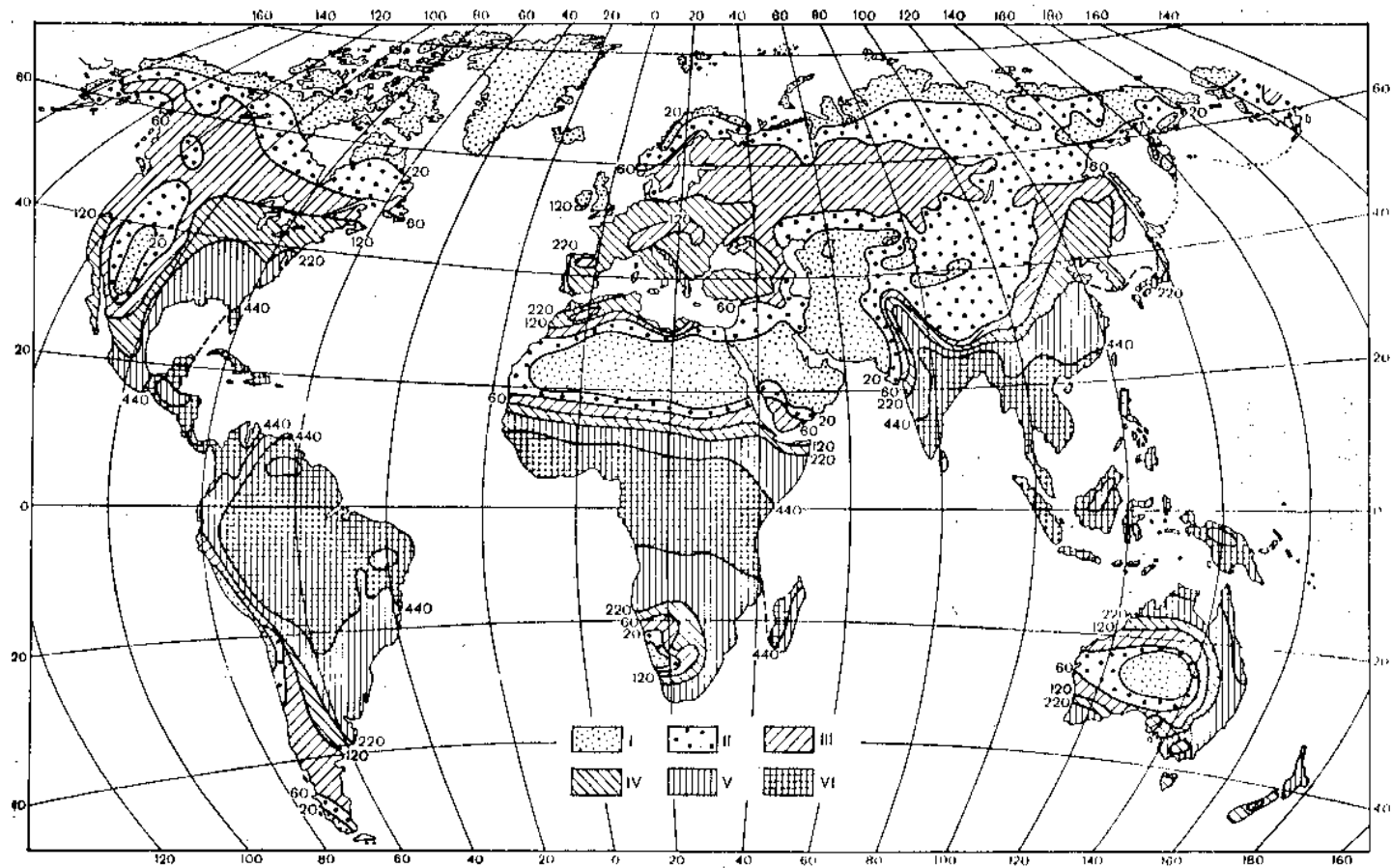


Рис. 3.3 – Характеристика біологічної продуктивності клімату Світу.

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 B_k по макрорайонам Світу

Біологічна продуктивність	Макрорайон і підрайони	БКП	B_k , 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.

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 включенням інших чинників, які зумовлюють формування рівню 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 повинна 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, по регіональній оцінці і районуванню 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:

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

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

де $BKП_c$ і B_{kc} – біокліматичний потенціал у відносних величинах і балах на схилових землях певної експозиції і крутизни; \bar{K}_Q - перехідні коефіцієнти для розрахунку сумарної сонячної радіації напівденних, північних, західних і східних схилах крутизною 5, 10, 15 і 20⁰ 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 крутизни до величини, що надходить на горизонтальну поверхню за період з температурою вище 10⁰С (додаток 5). Врахування просторової мінливості теплозабезпеченості земель здійснюється шляхом введення коефіцієнту перерахунку сум температур ґрунту за теплий період на ґрунтах різного гранулометричного складу стосовно до сумм температури ґрунту середньосуглинкового гранулометричного складу. Перехідні коефіцієнти розроблені З. А. Міщенко і Н. В. Кирнасівською для ґрунтів різного гранулометричного складу і розраховуються за формулами:

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

де $\sum T_{пс}$ – сума температури середньосуглинкового ґрунту на глибині 10 см теплий період (з $\sum T_{пс}$ вище 10⁰С); $\sum T_{пп}$, $\sum T_{сп}$, $\sum T_{тс}$ – відповідно суми температури ґрунту на глибині 10 см піщаного, супіщаного, важкосуглинкового і глинистого гранулометричного складу.

Розрахунок $BKП$ і B_k здійснюється за формулами

$$BKП_n = K_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^0}{1000^0} \cdot K_{пм} \quad (3.15)$$

$$B_{kn} = K_p \cdot BKП_n \cdot K_{пм} \quad (3.16)$$

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 песчаных, супесчаных, тяжелосуглинистых и глинистых почвах относительно среднесуглинистой почвы.

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 ΣT_c вище 10^0C , Σr , 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 має місце в західних регіонах країни, относящихся к лесостепной зоне (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 складає для B_k і BKP складає 140-150 балів та 2,54-2,70 (макрорайон 6Б).

Надалі авторами кількісно оцінено зміну біокліматичного потенціалу в гірських районах в залежності від висоти місцевості. Виявлено, що з ростом 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 складають 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).

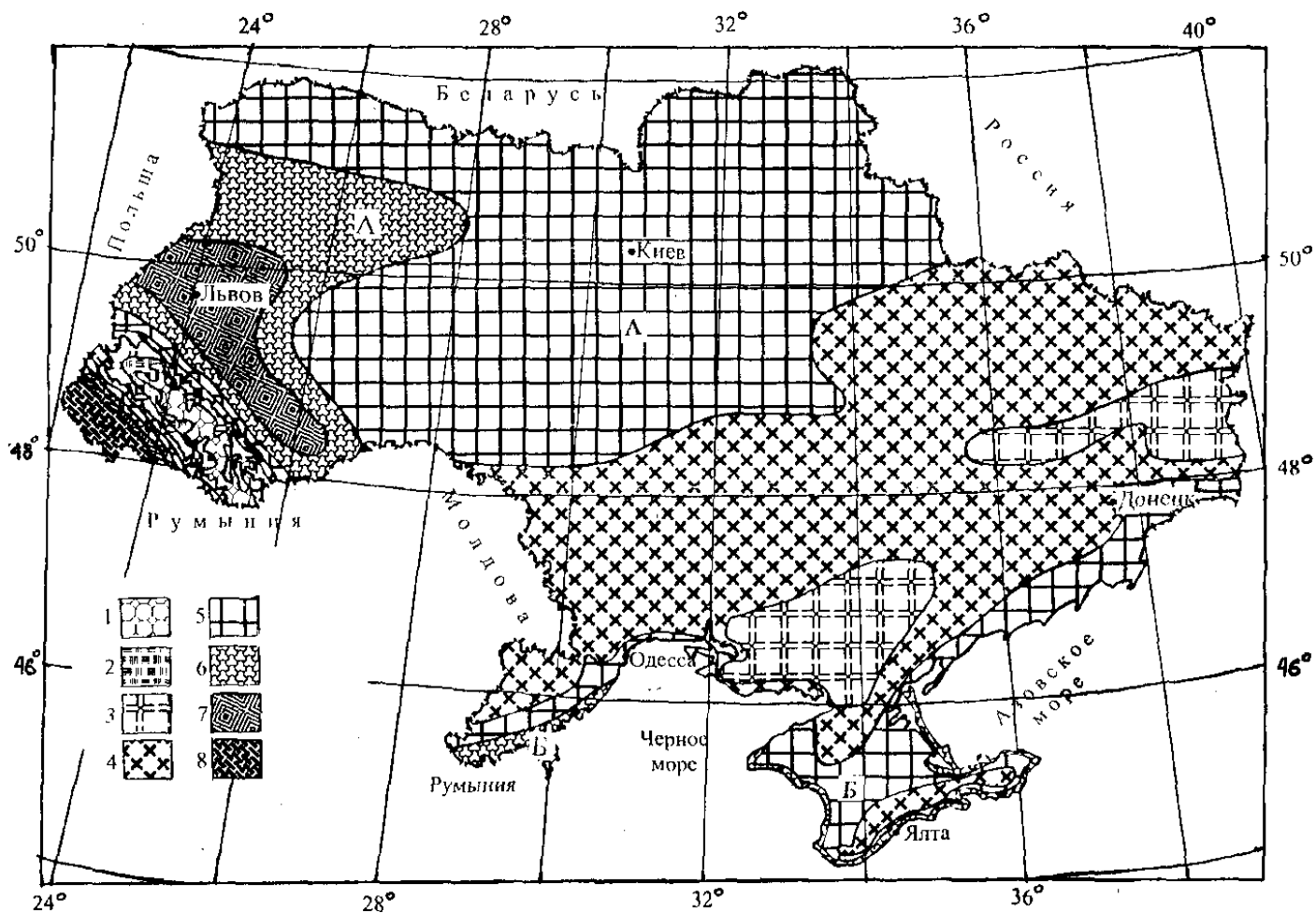


Рис. 3.5 - Комплексне районування України за біокліматичним потенціалом за природного зволоження. (Легенда до карти надана в табл. 3.6)

**Таблиця 3.6 – Характеристика біологічної продуктивності клімату України
за природного зволоження**

Макрорайони	B_k , бали	BKP	$\Sigma T_c > 10^0C$	Md	K_p	Σr
1.Дуже низька	≤ 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	≥ 160	$\geq 2,90$	3000 - 3300	0,60 – 0,85	1,0 – 0,80	800 - 1000

Авторами також виконано розрахунки можливої біологічної продуктивності клімату в разі покращення умов зволоження до оптимальних. Розрахунки виконувалися за величиною коефіцієнту росту 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.

Порядок виконання роботи

1. Виписати із додатку 1 - 4 для однієї метеостанції суми активних температур і дефіцитів насичення водяною парою повітря, суми сумарної радіації і суми температури ґрунту на глибині 20 см.
2. За формулою 3.9 виконати розрахунки величини зволоження Md , а за формулою 3.8 – коефіцієнт росту Kp .
3. Виконати, використовуючи додатки 5 та формулу 3.16, сум фотосинтетично активної радіації для схилів південної і північної експозиції крутістю 5, 10, 15 і 20° та сум температур ґрунту важко- і легкосуглинкового гранулометричного складу.
4. Виконати розрахунки біокліматичного потенціалу BKP (за формулами 3,12 і 3, 15) і бонітету клімату Bk (за формулами 3,13 і 3,16) для можливого спектру орієнтації і крутості схилів та гранулометричного складу ґрунтів.
5. Побудувати діаграми просторової мінливості на території обраної метеостанції величин BKP і Bk для усього спекту схилових земель та гранулометричного складу ґрунту.
6. Виконати аналіз одержаних результатів.
7. Скласти протокол виконання практичної роботи, який представити для захисту.

Питання до практичної роботи

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.

Список літератури

1. Мищенко З.А. Агроклиматология. Учебник. - Киев:КНТ. – 2009. – 511с.
2. Мищенко З.А. Биоклимат дня й ночи. - Л.: Гидрометеиздат, 1984, стр. 79-114.
3. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агроклиматические ресурсы Украины и урожай. Монография. – Одесса:Экология. -2011. – С.170-209.
4. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.:Гидрометеиздат. -1985. – 247с.
5. Эюбов А.Д. Бонитировка климата Азербайджанской ССР. – Баку:ЭЛМ. -1975. -148с.

Додатки

Таблиця А1 -Показники радіаційно-світлових і теплових ресурсів за теплий період з T_c вище 10°C в різних регіонах України

Станція	φ	α	Н, м	D_v	D_o	$N_{\text{тп}}$, дні	ΣS_c , години	ΣQ	$\Sigma Q_{\text{ф}}$	$\Sigma T_c, ^{\circ}\text{C}$
								МДж/м ² період		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Чернігів	51 ⁰ 29'	31 ⁰ 17'	137	25.04	2.10	159	1295	2790	1395	2610
Конотоп	51 ⁰ 14'	33 ⁰ 12'	149	27.04	30.09	155	1235	2707	1354	2580
Ковель	51 ⁰ 13'	24 ⁰ 41'	176	26.04	1.10	157	1194	2682	1341	2505
Глухів	51 ⁰ 39'	33 ⁰ 59'	167	28.04	27.09	151	1182	2631	1316	2450
Житомир	50 ⁰ 16'	28 ⁰ 38'	227	27.04	2.10	158	1241	2697	1348	2525
Київ	50 ⁰ 27'	30 ⁰ 30'	183	24.04	3.10	161	1302	2849	1425	2695
Ромни	50 ⁰ 46'	33 ⁰ 27'	169	23.04	2.10	157	1277	2742	1371	2575
Харків	50 ⁰ 00'	36 ⁰ 14'	140	24.04	2.10	160	4322	2920	1460	2790
Львів	49 ⁰ 50'	24 ⁰ 01'	312	24.04	7.10	154	1212	2774	1387	2310
Золотоноша	49 ⁰ 41'	32 ⁰ 02'	97	22.04	5.10	165	1366	2958	1479	2810
Умань	48 ⁰ 46'	30 ⁰ 14'	216	25.04	5.10	162	1322	2835	1418	2680
Полтава	49 ⁰ 38'	34 ⁰ 29'	159	24.04	3.10	163	1351	2811	1406	2810
Чернівці	48 ⁰ 17'	32 ⁰ 40'	200	23.04	9.10	168	1405	2954	1477	2740
Ужгород	48 ⁰ 38'	22 ⁰ 19'	121	15.04	16.10	180	1466	3163	1582	3065
Кіровоград	48 ⁰ 30'	32 ⁰ 18'	112	22.04	8.10	168	1426	3067	1536	2800

Продовження табл. А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дніпропетровськ	48 ⁰ 27'	35 ⁰ 03'	98	21.04	9.10	174	1492	3280	1640	3180
Любашівка	47 ⁰ 51'	30 ⁰ 16'	182	22.04	11.10	171	1422	3085	1543	2960
Кривий ріг	47 ⁰ 56'	33 ⁰ 20'	99	20.04	13.10	175	1536	3239	1620	3175
Одеса	46 ⁰ 28'	30 ⁰ 41'	56	21.04	18.10	182	1667	3352	1676	3260
Миколаїв	46 ⁰ 57'	32 ⁰ 04'	58	17.04	18.10	180	1655	3427	1714	3325
Херсон	46 ⁰ 38'	32 ⁰ 34'	20	18.04	17.10	181	1702	3511	1755	3340
Ботієво	46 ⁰ 41'	35 ⁰ 51'	25	22.04	18.10	178	1678	3360	1680	3295
Болград	45 ⁰ 41'	28 ⁰ 38'	81	17.04	22.10	187	1660	3360	1680	3395
Кльопініно	45 ⁰ 32'	34 ⁰ 12'	32	21.04	21.10	182	1691	3383	1692	3295
Керч	45 ⁰ 21'	36 ⁰ 29'	4	20.04	25.10	187	1639	3498	1749	3425
Вилкове	45 ⁰ 22'	28 ⁰ 53'	15	17.04	22.10	192	1757	3512	1756	3440
Євпаторія	45 ⁰ 09'	33 ⁰ 16'	6	18.04	29.10	193	1840	3565	1783	3500
Сімферополь	44 ⁰ 54'	35 ⁰ 12'	32	19.04	23.10	186	1772	3338	1669	3245
Севастополь	44 ⁰ 37'	33 ⁰ 32'	8	18.04	6.11	201	1779	3636	1818	3580
Алушта	44 ⁰ 41'	34 ⁰ 25'	8	17.04	5.11	201	1754	3703	1852	3655
Ялта	44 ⁰ 30'	34 ⁰ 10'	4	17.04	6.11	208	1689	3877	1938	3850
Никитський сад	44 ⁰ 32'	34 ⁰ 11'	360	15.04	12.11	210	1740	3908	1954	3885
Ай-Петрі	44 ⁰ 28'	34 ⁰ 05'	1180	16.04	25.09	210	1661	2057	1028	1805

Таблиця 2 - Характеристика показників теплових ресурсів дня та ночі в Україні

№ n/n	Метеостанція	Висота, м сота, м	Дати переходу температури повітря через 10 °С				Тривалість періоду з температура- ми вище 10 °С		Сума температур повітря за період з температурами вище 10 °С			Різниця сум денних і сум нічних темпера- тур
			весною		восени		Денних	Нічних	Денних	Нічних	Добових	
			Денних	Нічних	Денних	Нічних						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Ковель	176	21.04	7.05	9.10	22.09	171	137	2905	2025	2505	880
2	Овруч	171	25.04	11.05	6.10	18.09	163	129	2815	1770	2450	1045
3	Житомир	227	24.04	9.05	9.10	20.09	168	133	2910	1840	2500	1070
4	Київ	183	22.04	6.05	7.10	24.09	168	139	2950	2040	2510	910
4	Біла Церква	174	22.04	9.05	10.10	20.09	171	133	3030	1880	2620	1150
5	Львів	324	26.04	10.05	11.10	23.09	168	135	2670	1795	2300	875
6	Славсько	593	29.04	9.06	8.10	2.09	162	85	2500	995	1785	1505
7	Хмельницький	284	23.04	12.05	12.10	19.09	172	129	2915	1760	2460	1155

Продовження додатку А2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	Вінниця	287	24.04	9.05	10.10	21.09	169	134	2890	1860	2480	1030
9	Ів.Франковський	270	18.04	11.05	18.10	22.09	183	133	2980	1810	2535	1170
10	Кіровоград	148	18.04	5.05	13.10	23.09	178	140	3220	2070	2800	1150
11	Дніпропетровськ	98	15.04	28.04	17.10	2.10	186	158	3475	2585	3145	890
12	Харків	147	19.04	5.05	5.10	22.09	169	139	3125	2080	2760	1045
13	Умань	216	21.04	9.05	12.10	20.09	174	133	3140	1855	2655	1285
14	Бережани	301	22.04	10.05	10.10	23.09	171	135	2855	1815	2410	1040
15	Черкаси	105	20.04	5.05	12.10	21.09	175	138	3150	2010	2720	1140
16	Луганськ	65	16.04	5.05	13.10	25.09	180	142	3450	2185	3020	1265
17	Донецьк	234	18.04	4.05	11.10	27.09	176	146	3245	2305	2910	940
18	Ужгород	121	9.04	19.04	25.10	14.10	199	178	3475	2890	3085	585
19	Чернівці	234	16.04	5.05	17.10	27.09	184	144	3225	2105	2755	1120
20	Первомайск	105	12.04	4.05	20.10	1.10	191	150	3525	2280	3025	1255
21	Миколаїв	52	12.04	29.04	25.10	6.10	196	160	3770	2590	3280	1180
22	Запоріжжя	73	9.04	1.05	20.10	1.10	194	153	3725	2480	3180	1245
23	Любашівка	181	14.04	6.05	17.10	2.10	186	149	3365	2195	2920	1170
24	Одеса	52	12.04	28.04	22.10	7.10	193	162	3590	2530	3170	1060
25	Ізмаїл	29	7.04	26.04	4.11	12.10	211	169	4098	2730	3460	1260