

УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
Національний науковий центр «ІВіВ ім.. В.Є.Таїрова»

МЕТОДИКА ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА ЇХ
КАРТОГРАФУВАННЯ З ВРАХУВАННЯМ МІКРОКЛІМАТУ

Методичні вказівки

ОДЕСА 2006

Укладач: завідувач лабораторії агрокліматології, кандидат географічних наук, доцент Ляшенко Галина Віталіївна

В методичних вказівках обґрунтовується складові агрокліматичних умов, які впливають на умови росту, розвитку та формування продуктивності різних груп сільськогосподарських культур взагалі та винограду зокрема. Послідовно описуються етапи загальної оцінки агрокліматичних ресурсів та оцінки просторової і часової їх мінливості під впливом неоднорідностей підстильної поверхні, під якими розуміють елементи рельєфу, показники ґрунтового покриву, близькість та розміри значних водоймищ тощо. Особлива увага приділяється методам мікрокліматичного картографування окремих складових агрокліматичних ресурсів і лімітуючих агрокліматичних факторів: радіаційно-теплових, зволоження, заморозко- та морозонебезпечності.

Вказівки можуть бути корисними для студентів, магістрів і аспірантів гідрометеорологічного профілю, аграрних вузів, а також спеціалістів-агromетеорологів, кліматологів, географів, виноградарів, агрономів, агроекологів та землевпорядників.

Зміст

Вступ.....	
1. Загальна оцінка агрокліматичних ресурсів територій можливого виноградарства.....	
2 Методика оцінка просторової мінливості агрокліматичних умов територій стосовно до розміщення виноградників.....	
2.1. Оцінка просторової мінливості характеристик радіаційних ресурсів.....	
2.2 Оцінка мікрокліматичної мінливості показників теплових ресурсів в різних формах рельєфу.....	
2.3 Оцінка мікрокліматичної мінливості умов зволоження територій...	
2.4. Оцінка мікрокліматичної мінливості показників морозонебезпечності.	
2.5 Оцінка мікрокліматичної мінливості показників заморозконебезпечності.....	
3. Методика складання ампелоекологічних карт рельєфу.....	
Висновки.....	
Література.....	

ВСТУП

З усіх галузей економіки сільське господарство в найбільшій мірі залежить від кліматичних умов та їх просторово-часової мінливості. Рациональне розміщення сільськогосподарських культур в межах адміністративних районів та окремих господарств і диференційний підхід до меліоративних та агротехнічних заходів з урахуванням мікрокліматичних особливостей є істотним резервом підвищення врожайності культурних рослин без додаткових затрат. Прикладне значення результатів мікрокліматичних досліджень для сільського господарства полягає також в можливості оцінки впливу мікроклімату на темпи розвитку і врожайність культурних рослин, в уточненні земельного кадастру за рахунок мікрокліматичної мінливості ресурсів тепла та вологи на малих площах.

На просторову неоднорідність кліматичних умов в межах певних природних зон було вказано ще в середині XIX сторіччі у фундаментальних роботах Веселовського К.С. та Воєйкова О.І. Останнім були закладені наукові основи мікрокліматології, який сформулював якісний закон впливу форм рельєфу на мінливість добової амплітуди температури і вологості повітря та дав визначення діяльного шару. Ним же була обґрунтована необхідність вивчення місцевих особливостей клімату. В 1892 році він писав: "... в інтересах сільського господарства необхідно провести роботу, яку я називаю кліматичною зйомкою місцевості, тобто шляхом одночасних спостережень визначати вплив нерівностей ґрунту і різного роду рослинності на температуру і вологість повітря, силу вітру і випарування...".

Перші мікрокліматичні дослідження за вивченням мінливості термічного режиму були проведені П.І Колосковим (1916 р.) на Далекому

Сході і Г.Т. Селяніновим (1925) на Чорноморському узбережжі Кавказу. Ці роботи були обумовлені необхідністю вирішення питань, пов'язаних з науковим обґрунтуванням розміщення сільськогосподарських культур на вказаних територіях. Дуже широкі агро- і мікрокліматичні дослідження проводилися в 30-ті роки колективом вчених під керівництвом Г.Т. Селянінова в субтропічній зоні Кавказу. Вони обумовили наукове обґрунтування виділення зони радянських субтропиків для промислового вирощування цитрусових культур. У цій роботі були закладені основи методики польових мікрокліматичних досліджень і великомасштабного картування основних показників клімату. Перша мікрокліматична карта морозонебезпечності була складена С.О. Сапожніковою (1936) для території окремого радгоспу. Для субтропиків західного Закавказзя Г.Т. Селяніновим та його учнями (1936) була складена середньомасштабна карта агрокліматичних зон та вказана можливість розміщення в кожній з ній різних видів субтропічних культур.

В 50-70-х роках минулого сторіччя в секторі мікрокліматології Головної геофізичної обсерваторії ім. О.І.Воейкова (ГГО) успішно розвивається ряд напрямків в галузі мікрокліматології. Основна їх увага була звернена на накопичення експериментальних даних для кількісної оцінки мінливості елементів клімату під впливом неоднорідностей підстильної поверхні. Саме в цей період було організовано ряд комплексних експедицій з метою вивчення мікроклімату горбкуватого і низькогірського рельєфу у різних регіонах СРСР з урахуванням його впливу на темпи розвитку та врожайність сільськогосподарських культур. Проводились також дослідження з вивчення мікроклімату осушених боліт, мікроклімату різних ґрунтів, фітоклімату сільськогосподарських полів. У цей період була уточнена методика складання великомасштабних мікрокліматичних карт для територій окремих господарств, а також закладено принципову основу для врахування мікрокліматичних ресурсів

на території СРСР. В 70-ті роки продовжувалися дослідження по виявленню “географії” мікроклімату та була розроблена методика складання мезо- і мікрокліматичних карт розрахунковим шляхом на морфометричній і ґрунтовій основі. Вперше було видане “Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства” (1979), авторами якого є І.А. Гольцберг, О.Н. Романова, Н.Г. Горишина, П.Х. Карінг та інші. У 80-90-ті роки дослідження з мікроклімату були направлені на розробку методів розрахунку мікрокліматичних параметрів для деталізації агрокліматичних ресурсів на обмежених територіях (адміністративна область, район, окреме господарство). Внаслідок цієї роботи були розроблені методики середньомасштабного і великомасштабного агрокліматичного районування з урахуванням мікроклімату, випробуваних на прикладі ряду адміністративних областей Росії, України та Молдови (І.А. Гольцберг, З.А. Міщенко, Л.С. Кельчевська, О.Н. Романова, Г.В., Ляшенко та інші.). Із зарубіжних мікрокліматичних досліджень особливо треба відзначити роботи, які проводилися в Швейцарії, Бразилії, Польщі, Угорщині, Болгарії, Німеччині, Австрії. До них відносяться роботи Б.Прімо, Р.Перейра, С.Стойчева, Р. Фанре, В. Обребської-Старклової, Х.Р. Олівер, К. Пашинського, Ф. Альбрехта, Г. Гольца, Ф. Лаушера, Ф. Фалькенберга, присвячені визначенню складових радіаційного і теплового балансів, розробці нових конструкцій прикладів і устаткування. Значна увага приділяється дослідженню термічного режиму схилів різної експозиції і крутості (Р. Гейгер, В. Сміт, І Шуберт). В останні десятиріччя значний розвиток мікрокліматичних досліджень спостерігається у В’єтнамі, Індії, Китаї та Японії в умовах складного рельєфу, на зрошувальних сільськогосподарських полях та в містах. Треба відзначити, що дотепер у зв’язку зі складністю об’єкту дослідження, вдалих результатів складання математичних моделей, які базувалися б на врахуванні закономірностей

формування приземного клімату в умовах неоднорідностей підстильної поверхні, поки немає. Усе викладене вище підтверджує інтенсивний розвиток мікрокліматичних досліджень у багатьох країнах світу, причому, експериментальні роботи поєднуються з розрахунковими методами, направленими на оцінку зв'язку клімату і мікроклімату, виявлення можливостей активного впливу на них для ефективного використання в сільському господарстві. Самостійне значення має розвиток методів різномасштабного картування і районування з урахуванням мікроклімату для деталізації агрокліматичних ресурсів на обмеженій території.

1. ЗАГАЛЬНА ОЦІНКА АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЙ МОЖЛИВОГО ВИНОГРАДАРСТВА

Про вплив погодно - кліматичних умов територій на кількість та хімічний склад виноградної продукції відомо з давніх часів. Причому, умови життєдіяльності винограду як багаторічної культури визначаються не тільки термічним і вологісним режимом вегетаційного періоду, а й в період зимового спокою. Із відомих агробіологічних угруповань сортів винограду двоє із них запропоновані згідно відношення культури до складових агрокліматичних ресурсів: за морозостійкістю - умов морозонебезпечності і строками дозрівання - умов теплозабезпеченості. У зв'язку з чим характеристика агрокліматичних умов території, як частини загальних кліматичних і екологічних умов, має надзвичайно важливе значення і тому є необхідною умовою загального екологічного обґрунтування розміщення виноградних насаджень.

За походженням виноградна рослина відрізняється значною світло- і теплолюбністю. Вважається, що оптимальна добова тривалість сонячного сяння (SS) знаходиться в межах 12-14 годин і не повинна знижуватися до 9 годин і менше. Кількість сонячного тепла прийнято виражати величиною суми сумарної радіації (ΣQ). Частина сумарної радіації, яка використовується у процесі фотосинтезу для формування органічної речовини називається сумою фотосинтетично активної радіації (Q_f або ΦAP). Одиницею вимірювання цих величин є $\text{мДж} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ (за старою системою – $\text{ккал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$).

Оцінка умов теплозабезпеченості виконується за даними теплових ресурсів території і потреби винограду в теплі. Виноград, як теплолюбна культура, характеризується температурою початку розвитку в межах 8-10°C

(T_c). Оптимальні температури (T_{opt}) проходження процесів фотосинтезу становлять 10-30°C, а в період репродуктивного розвитку – 20-30°C. Температури повітря у цей період розвитку винограду вище 35-40°C і нижче 16-18°C відносять до критичних. З ростом абсолютної висоти місцевості, континентальності клімату у помірних широтах і посушливості у низьких широтах величини вказаних температур можуть знижуватися на 1-3°C. Кількість необхідного для винограду тепла, виражена сумою активних температур повітря за його вегетаційний період ($\sum T_{\delta}$) для різних за строками дозрівання сортів винограду коливається в межах від 2200 до 3800°C і вище.

В останні роки оцінка умов теплозабезпеченості сільськогосподарських культур виконується не тільки за сумами середньодобових (активних) температур повітря за період з температурами вище 10°C, а й за сумами денних та нічних температур ($\sum T_{дн}$, $\sum T_{ніч}$). Саме ці показники адекватно відбивають добову ритміку термічного режиму територій і тісно пов'язані з явищами фото- і термоперіодизму, за якими проходять більшість фізіологічних процесів рослин. Величини сум денних і нічних температур можна отримати прямим шляхом за даними термографів або опосередковано - за даними максимальних та мінімальних температур. Таким чином, агрокліматична оцінка теплових ресурсів території виконується за такими показниками як суми середньодобових, денних та нічних температур повітря згідно із запропонованими методами.

Складовою частиною агрокліматичних ресурсів території є ресурси зволоження. І хоча рослина виноград віднесена до мезофітів, вона характеризується позитивним відкликом на покращення умов зволоження. Традиційно оцінка умов зволоження виконується за такими показниками як кількість опадів (X), відносна вологість (f) і дефіцит вологості повітря (d), запаси продуктивної вологи у ґрунті W_{0-20} , W_{0-50} , W_{0-100} або за

комплексними показниками – гідротермічним коефіцієнтом Селянінова (GTK) та показником зволоження Шашко (Md). В агрокліматології в поточний період застосовуються три методи оцінки умов вологозабезпеченості рослин – за кількістю опадів, за запасами продуктивної вологи у ґрунті та за відношенням вологоспоживання до вологопотреби, які розраховуються відповідно за спрощеним методом водного балансу і біофізичним методом Алпатьєва для конкретної культури.

На початку та в кінці вегетації винограду можливі заморозки, які характеризують зниження мінімальних температур повітря і поверхні ґрунту до 0°C і нижче на фоні додатних середньодобових температур повітря. Навіть зниження мінімальної температури повітря до $-1.0 \div -1.5^{\circ}\text{C}$ в період набухання та розпускання бруньок призводить до їх пошкодження та загибелі. Восени, в період дозрівання винограду, заморозки інтенсивністю $-2.0 \div -2.5^{\circ}\text{C}$ можуть призвести до пошкодження листя, а $-3.0 \div -4.0^{\circ}\text{C}$ - до «стікання ягід». Все вищесказане обумовлює необхідність детальної оцінки територій за умовами заморозконебезпечності, які виконуються за такими показниками як тривалість беззаморозкового періоду ($N_{\delta/n}$), дати останніх весняних та перших осінніх заморозків у повітрі та на поверхні ґрунту (D_{δ} , D_o , D_{δ}^{nn} , D_o^{nn}), а також сум температур вище 10°C за беззаморозковий період ($\Sigma T_{\delta/n}$) та коефіцієнт заморозконебезпечності (Kz), який являє собою відношення тривалості беззаморозкового періоду до теплого періоду або відношення сум температур за ці періоди.

Надзвичайно важливе значення для виноградних насаджень в Україні мають умови перезимівлі, тому що тут проходить північна межа невикривного промислового виноградарства. Через це їх відносять до лімітуючих агрокліматичних факторів. До основних показників морозонебезпечності територій, які обумовлюють стан перезимівлі,

відносять середній із абсолютних мінімумів температури повітря (\bar{T}_m) та середню мінімальну температуру самої холодної п'ятиденки (T_x), а також тривалість холодного періоду (періоду з температурою нижче 0°C ($N_{хп}$), суму від'ємних температур ($\sum T < 0^\circ\text{C}$), висоту снігового покриву (H) і глибину промерзання ґрунту (h).

Крім вказаних агрокліматичних факторів для повної агрокліматичної оцінки територій стосовно до розміщення винограду необхідна інформація про такі кліматичні фактори як вітровий режим, зливи, град. Ці факториносять прямі збитки виноградарству, обумовлюючи механічні пошкодження рослин. Характеристика вітрового режиму виконується за такими показниками як швидкість та напрям вітру. В зимовий період вітри північного та північно-східного напрямку можуть збільшувати ефект від'ємних температур і, тим самим, посилювати шкідливу дію морозу. Влітку південні та південно-східні вітри посилюють інтенсивність посух і суховіїв. В південно-східних і східних регіонах вони обумовлюють прояв дефляції або вітрової ерозії і навіть пилових бур. У зв'язку з чим невід'ємною частиною загальної характеристики кліматичних умов території є роза вітрів, складена як найменше у розрізі сезонів року. Вона вказує на переважаючі напрями вітру, середні швидкості вітру кожного із напрямів вітру (за восьми румбами) та число днів зі штилем на конкретній території.

До останнього часу усі сільськогосподарські та проектні організації інформацію про агрокліматичні ресурси території брали із обласних довідників з агрокліматичних ресурсів або агрокліматичних довідників конкретної області. Ці довідники містять вичерпну інформацію з агрокліматичних умов території, в тому числі умов вегетації основних сільськогосподарських культур. Але вони були складені в кінці 60-х – на початку 70-х років і містили інформацію саме за цей період. У зв'язку із

зміною клімату в поточний період така інформація вже не відбиває реальні агрокліматичні умови. Тому краще при розробці програм розвитку галузей сільського господарства або проектів розміщення сільськогосподарських культур керуватися інформацією, розміщеною в монографії «Клімат України» та спеціальній літературі, виданій у фахових журналах і збірниках. Так, за останні роки виконано комплексну оцінку та агрокліматичне районування території України за умовами морозонебезпечності, радіаційно-тепловими ресурсами, умовами заморозконебезпечності та зволоженням []. Але найбільш ефективним вважається залучення до складення таких проектів фахівців у галузі агро- та мікрокліматології.

2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПРОСТОРОВОЇ МІНЛИВОСТІ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТЕРИТОРІЙ СТОСОВНО ДО РОЗМІЩЕННЯ ВИНОГРАДНИКІВ

Із загальної площі сільськогосподарських земель близько 80% займають землі з неоднорідною підстильною поверхнею: різні форми рельєфу, глибина вертикального розчленування рельєфу, схили різної експозиції й крутості та місцезположення на схилах, пістрявість ґрунтового покриву, водоймища, фітоценози. Ці неоднорідності обумовлюють значну просторову мінливість складових агрокліматичних ресурсів. Внаслідок виконаних у секторі мікрокліматології Головної геофізичної обсерваторії ім. О.І.Воейкова (ГГО) в середині минулого сторіччя фундаментальних досліджень були установлені фізичні механізми формування просторової мінливості основних елементів клімату []. Вони пов'язані з енергетичними та термодинамічними факторами, які обумовлені процесами надходження сонячного тепла впродовж року на по-різному орієнтовану земну поверхню, турбулентним рухом повітря і його стоковими процесами з наступною трансформацією повітряних мас. Практичним завершенням стало розроблення параметрів мікрокліматичної мінливості елементів клімату і універсальних схем їх просторового перерозподілу під впливом неоднорідностей підстильної поверхні. Надалі ці параметри були уточнені, удосконалені та деталізовані для різних регіонів минулого СРСР [].

Було встановлено, що комплекс морфометричних показників рельєфу або інших елементів підстильної поверхні, які обумовлюють просторову мінливість складових агрокліматичних ресурсів, змінюється. Так, для оцінки просторової мінливості режиму вітру дуже важливо враховувати форми рельєфу, орієнтацію схилів відносно ведучого повітряного потоку та частин схилу. Для оцінки ж просторової мінливості характеристик сонячної радіації ці форми можна об'єднати в одну групу, але важлива

детальна характеристика експозиції й крутості схилів. Представимо методи розрахунків мікрокліматичної мінливості основних складових агрокліматичних ресурсів територій, які визначають умови росту, розвитку та формування продуктивності винограду.

2.1 Методи розрахунків просторової мінливості характеристик радіаційних ресурсів

Як зазначалося вище основними показниками радіаційних ресурсів є сумарна і фотосинтетично активна радіація. Сумарна ж радіація розраховується як сума прямої і розсіяної радіації. З усіх складових радіаційних ресурсів на схилах більш за все змінюється пряма сонячна радіація, яка розраховується за формулою:

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

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

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

Розсіяну радіацію для схилів можна розрахувати за формулою:

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

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

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

$$\Sigma Q_c = \Sigma S_c + \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \Sigma D + \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot R_k, \quad (2.4)$$

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

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

$$\Sigma Q_{\phi c} = 0,5 \left(\Sigma S_c + \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \Sigma D + \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot R_k \right), \quad (2.5)$$

Голубовою Т.А. і Міщенко З.А. [5] за теоретичною формулою 2.1-2.5 виконані розрахунки денних сум сумарної радіації для північних і південних схилів крутості 10, 20⁰ для кожного місяця з квітня по вересень за матеріалами багаторічних спостережень 98 актинометричних станцій, які розташовані в різних районах СНД. Для кожного місяця визначені параметри мікрокліматичної мінливості показників радіаційних ресурсів, які представлені перехідними коефіцієнтами, що являють собою відношення сумарної радіації, яка надходить на схили і на горизонтальну поверхню:

$$K_Q = \frac{\Sigma Q_c}{\Sigma Q}, \quad (2.6)$$

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

Було встановлено, що перехідні коефіцієнти для розрахунку місячних сум сумарної і фотосинтетично активної радіації на схилах близькі між собою, тобто

$$\frac{\Sigma Q_c}{\Sigma Q} = \frac{\Sigma Q_{\phi c}}{\Sigma Q_{\phi}}. \quad (2.7)$$

Пізніше Міщенко З.А. і Ляхова С.В. [5, 22] виконали додатково методичні розробки, які дали змогу розрахувати перехідні коефіцієнти K_Q для північних і південних, а також для західних і східних схилів крутістю 5, 10, 15 і 20⁰ стосовно територій Молдови і України в межах 44-52⁰ пн.ш. з березня по листопад. Результати цієї роботи в неповному об'ємі представлені в табл.2.1.

За допомогою отриманих перехідних коефіцієнтів для кожного місяця вегетаційного періоду з врахуванням географічної широти конкретної території можна виконати розрахунки сум сумарної радіації і сум ФАР на різних схилах заданої крутості за формулами:

$$\Sigma Q_c = \Sigma Q \cdot K_Q; \quad \Sigma Q_{\phi c} = \Sigma Q_{\phi} \cdot K_Q. \quad (2.8)$$

Найбільша різниця в надходженні сумарної радіації і ФАР спостерігаються на північних і південних схилах. В усі пори року південні схили одержують сонячної радіації більше, а північні - значно менше ніж горизонтальна поверхня. Причому весною та восени ця різниця виражена максимально і досягає на 45⁰ пн.ш. 20-25%, а на 60⁰ пн.ш. – 45-50⁰. В літні місяці (липень-серпень) мікрокліматична різниця в надходженні сумарної і фотосинтетично активної радіації зменшуються до 9 – 14%.

Запропонована методика агрокліматичних розрахунків характеристик сонячної радіації для рівного місця і схилів різної експозиції і крутості дає змогу детально оцінити просторову мінливість їх на обмежених територіях (адміністративна область, район, окреме господарство). З.А.Міщенко і С.В.Ляховою [] виконано кількісну оцінку мікрокліматичної мінливості ΣQ і ΣQ_{ϕ} за теплий період з T_c вище 10⁰С на північних, південних, західних і східних схилах (ПН, ПД, З, С), а також схилах проміжних експозицій: північно-західних, північно-східних, південно-західних і поденно-східних (ПНЗ, ПНС, ПДЗ, ПДС) крутості 5, 10, 15, 20⁰ з прив'язкою до виділених на агрокліматичній карті макрорайонів в межах України (Рис. 2.1). За рівнем забезпеченості сонячним теплом (у порядку

зменшення) різних схилів ними виділено такі типи мікрокліматичних місцеположень в складному рельєфі:

Таблиця 2.1 - Перехідні коефіцієнти (K_Q) для розрахунку місячних сум сумарної радіації (ΣQ_c) на північних (а) і південних (б) схилах в Україні

а)

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

48	0,84	0,90	0,92	0,90	0,86	0,75	0,56
50	0,82	0,90	0,91	0,90	0,85	0,75	0,56
52	0,78	0,88	0,90	0,88	0,82	0,70	0,54

б)

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

50	1,08	1,03	1,00	1,01	1,06	1,16	1,32
52	1,08	1,03	1,00	1,02	1,06	1,17	1,34

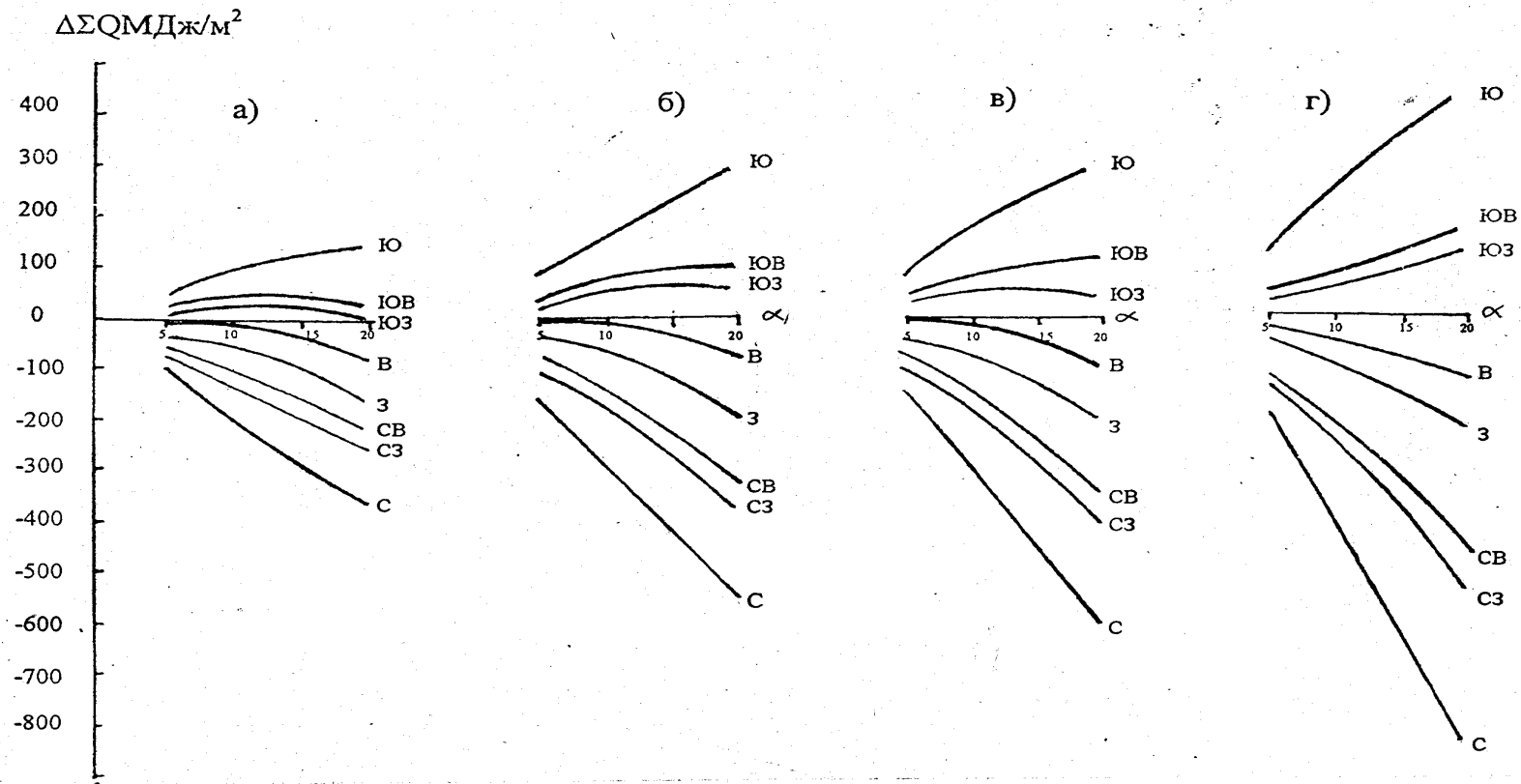


Рис.2.1 - Відхилення сум сумарної радіації ($\Delta\Sigma Q$) за теплий період з температурою T_c вище 10°C на схилах різної експозиції і крутості в порівнянні з рівним місцем в Україні. Макрорайони: а) – крайній північний, холодний (1); б) – центральний, теплий (4); в) – південний теплий (5); г) – південний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

1. Південні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.
2. Південно-східні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.
3. Південно-західні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.
4. Рівнинні землі з нахилом (0 – 3⁰).
5. Східні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.
6. Західні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.
7. Північно-східні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.
8. Північно-західні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.
9. Північні схили крутістю 5, 10, 15, 20⁰.

2.2. Оцінка мікрокліматичної мінливості показників теплових ресурсів в різних формах рельєфу

Представлена у різних довідниках інформація з теплових ресурсів території характеризує умови відкритого рівного місця, тобто рівнинних земель. Проте біометричні показники й хімічний склад рослин значно відрізняється в різних місцезположеннях, що є показником неоднозначності впливу екологічних умов взагалі і теплових ресурсів зокрема. Встановлено, що суми денних та нічних температур повітря вище 10 °С як показники теплових ресурсів відзначаються високою чутливістю до неоднорідностей діяльної поверхні (форми рельєфу, види рослинних спільнот, близькість та розміри водоймищ та ін.).

Внаслідок узагальнення матеріалів мікрокліматичних спостережень, що проводилися в різних регіонах СНД, З.А.Міщенко було визначено механізм формування мікрокліматичної різниці денних та нічних термічних показників в різних формах пагорбкуватого, горбистого та гірського рельєфу. Він пов'язаний з особливістю надходження сонячного тепла і своєрідним повітряним обміном, радіаційним вихолоджуванням

поверхні вночі, умовами підтоку та стоку холодного повітря вночі, а також площею повітрязбору. В гірському рельєфі окрім вказаних вище факторів чітко виявляється вплив абсолютної висоти над рівнем моря. У зв'язку з цим в денні години найбільш теплими виявляються дно долин та підвітряні південно-східні, південні та південно-західні схили, а найбільш холодними - відкриті вершини, вододільні плато та верхні частини крутих навітряних схилів. В нічні ж години найбільш теплими виявляються вершини горбів та вододільні плато й верхні частини схилів, а найбільш холодними - дно долин, підніжжя схилів та улоговини. Тому денне нагрівання повітря та його нічне охолодження є мінімальним для опуклих форм рельєфу і максимальними - для увігнутих.

З.А. Міщенко була розроблена універсальна розрахункова схема мезо- та мікрокліматичної мінливості показників теплового режиму дня та ночі (T_d , T_n , $\sum T_d$, $\sum T_n$, A_T) в горбистому та гірському рельєфі для території СНД в залежності від базисів ерозії (ΔH_M) та ступеню континентальності клімату. Згідно із геоморфологічним районуванням території СНД за основними характеристиками ерозії (розчленування рельєфу по вертикалі), розглянуті мезорайони з різним типом рельєфу: пагорбкуватий ($\Delta H < 50$ м, схили $3-6^0$), горбистий ($\Delta H \approx 50-150$ м, схили $6-10^0$), низькогірський ($\Delta H \approx 160-220$ м, схили $12-16^0$), середньогірський ($\Delta H \approx 220-300$ м, схили $16-20^0$), гірським ($\Delta H > 300-400$ м, схили $16-20^0$ та більш). За механізмом формування мікрокліматичних інверсій температури виділено декілька груп місцеположень в мікрорельєфі, які були покладені в основу районування теплових ресурсів дня та ночі ($\Delta \sum T_d$, $\Delta \sum T_n$) з урахуванням мікроклімату. Це верховини, вододільні плато, верхні частини схилів; середні частини схилів різної експозиції та крутості, дно долин з великою крутістю (більш ніж $8-12^0$) впродовж осі; фонові місцеположення, які характеризують умови відкритого рівного місця з відносно добрим обміном повітря вдень та вночі (рівнинні землі, середні

частини пологих схилів крутістю до 5° , передгірські широкі долини (до 10 км у поперечнику); підосви схилів усіх експозицій, дно та нижні частини широких долин (до 2-4 км у поперечнику); дно та нижні частини вузьких (шириною менш ніж 1 км в поперечнику) замкнених долин, улоговини.

На підставі аналізу геоморфологічної карти вертикального розчленування території України [4] Ляшенко Г.В. уточнена схема мікрокліматичної мінливості параметрів теплового режиму дня та ночі для різних типів рельєфу і місцеположень (табл. 2.2). Надалі нею виконано мезо- і мікрокліматичне районування території України за тепловими ресурсами дня та ночі. Кількісна оцінка теплових ресурсів виконується за мікрокліматичними параметрами - $\Delta \Sigma T_{д}'$ та $\Delta \Sigma T_{н}'$, які являють собою відхилення $\Sigma T_{д}'$, $\Sigma T_{н}'$ за період з температурами вище 10°C для певних місцеположень в рельєфі від $\Sigma \bar{T}_{д}$ та $\Sigma \bar{T}_{н}$ для відкритого рівного місця, тобто різниці $(\Sigma T_{д}' - \Sigma T_{д})$ та $(\Sigma T_{н}' - \Sigma T_{н})$. Розрахунок теплових ресурсів дня та ночі $(\Sigma T_{д}'$, $\Sigma T_{н}')$ в різних місцеположеннях рельєфу виконується за відомими формулами:

$$\Sigma T_{д}' = \Sigma \bar{T}_{д} \pm \Delta \Sigma T_{д}'; \quad (2.9)$$

$$\Sigma T_{н}' = \Sigma \bar{T}_{н} \pm \Delta \Sigma T_{н}', \quad (2.10)$$

де $\Sigma \bar{T}_{д}$, $\Sigma \bar{T}_{н}$ - середні багаторічні значення сум температур повітря, розраховані за період з $T_{д}$ і $T_{н}$ вище 10°C для умов відкритого рівного місця, тобто для рівнинних земель; $\Delta \Sigma T_{дн}'$ та $\Delta \Sigma T_{дн}'$ - мікрокліматичні параметри.

Середні багаторічні значення сум температур повітря, розраховані за період з $T_{дн}$ і $T_{н}$ вище 10°C для умов відкритого рівного місця, тобто для рівнинних земель, можна зняти з агрокліматичної карти розподілу $\Sigma T_{дн}$, $\Sigma T_{н}$ на території України або розрахувати за відомою методикою для

Таблиця 2.2 - Параметри мезо- та мікрокліматичної мінливості теплових ресурсів дня та ночі ($\Delta \Sigma T_{\text{дн}}$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}$, $^{\circ}\text{C}$) у пагорбкуватому, горбистому та гірському рельєфі України

№ п/п	Мезорайони за базисами ерозії (ΔH м) та нахилам місцевості	Параметри	Мікрорельєф				
			Верховина, верхня частина схилу	Середина схилу	Широка долина, підощва схилу	Замкнена долина, улоговина	Верховина-улоговина
1	Пагорбкуватий рельєф, ($\Delta H \leq 50$ м, крутість схилів $3-6^{\circ}$)	$\Delta \Sigma D$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}$	-50, 100	$\leq \pm 50$ >50	>50 -100	50 -100	100-150 200-300
2	Пагорбкуватий рельєф ($\Delta H 50-100$ м, крутість схилів $6-8^{\circ}$)	$\Delta \Sigma T_{\text{дн}}$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}$	-100 150	50 50-100	50-100 -100,-150	50-100 -100,-150	150-200 250-350
3	Горбистий рельєф ($\Delta H 100-150$ м, крутість схилів $8-12^{\circ}$)	$\Delta \Sigma T_{\text{дн}}$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}$	≥ -100 150-200	$> \pm 50$ 50-100	50-100 -100,-150	100-150 -150,-200	200-250 300-400
4	низько гірський рельєф ($\Delta H \approx 150-200$ м, крутість схилів $12-16^{\circ}$).	$\Delta \Sigma T_{\text{дн}}$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}$	-100,-150 200-250	$\pm 50, \pm 100$ 100-150	100-150 -150,-200	>150 -200,-250	250-300 400-500
5	Середньо гірський рельєф ($\Delta H \approx 200-500$ м, крутість схилів $16-20^{\circ}$).	$\Delta \Sigma T_{\text{дн}}$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}$	≥ -150 250-300	$\pm 100, \pm 150$ 150-200	≥ 150 -200,-250	150,-200 -250,-300	300-350 500-600
6	Гори Східних Карпат і Криму ($\Delta H > 500$ м, крутість схилів $20-30^{\circ}$)	$\Delta \Sigma T_{\text{дн}}$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}$	-150,-200 300-350	$\geq \pm 150$ ≥ 200	150-200 -250,-300	200-250 -300,-350	350-450 600-700

Примітка: Знак "плюс" означає збільшення, знак "мінус" - зменшення $\Sigma T_{\text{дн}}$, $\Sigma T_{\text{н}}$ у порівнянні з відкритим рівним місцем у горбистому рельєфі або зі схилом в гірському рельєфі.

найближчої до господарства метеорологічної станції, за умови її репрезентативності (відкрите рівне місце, середина похилого схилу, широка долина) [17, 26]. Абсолютні значення $\Sigma T_{\text{дн}}'$, $\Sigma T_{\text{н}}'$ для конкретних місцеположень, наприклад, для верховини або замкненої долини, визначаються шляхом введення до $\Sigma T_{\text{дн}}$, $\Sigma T_{\text{н}}$ для рівного місця відповідного мікрокліматичного параметра $\Delta \Sigma T_{\text{дн}}'$ $\Delta \Sigma T_{\text{н}}'$, (з його знаком - \pm) Але завжди цим розрахункам передують визначення типу та елементів рельєфу, які характеризують дану місцевість. Просторовий перерозподіл сум денних температур в більшій мірі визначається формою рельєфу та такими елементами рельєфу як відносне перевищення висот і місцеположення на схилі. За рахунок впливу експозиції схилів на верхніх та середніх частинах схилів з південною складовою $\Sigma T_{\text{дн}}'$ збільшується, а на цих же схилах з північною складовою - зменшується. Перерозподіл $\Sigma T_{\text{н}}'$ також визначається відносним перевищенням висот і місцеположенням на схилі, але експозиція схилу не впливає на мінливість теплових ресурсів ночі. Таким чином мікрокліматичний параметр $\Delta \Sigma T_{\text{н}}'$ для опуклих форм рельєфу повинен додаватися до фонові величини $\Sigma T_{\text{н}}$, яка характеризує рівне місце, а для увігнутих форм рельєфу – віднімається.

Для території України для виділених макрорайонів на підставі детального геоморфологічного аналізу карти вертикального розчленування рельєфу у масштабі 1: 2500000 [4] були визначені домінуючі типи рельєфу, для яких виконані розрахунки сум денних та нічних температур повітря для основних місцеположень: вододільних плато, верховин, верхніх, середніх та нижніх частин схилів, ден долин і улоговин. Виявлено, що мікрокліматична мінливість сум денних та нічних температур повітря зростає у 1,5-2,0 рази в залежності від ступеню континентальності клімату та в 3-4 рази – від базису ерозії (вертикального розчленування рельєфу) в напрямку з північного заходу на південь та південний схід. Треба

відзначити, що мікрокліматична різниця сум нічних температур повітря в 1,5 - 2 рази більше ніж аналогічна різниця сум денних температур повітря. Ці різниці параметрів ($\Delta \Sigma T_{\text{дн}}'$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}'$) на більшій частині України навіть перевищують зональну мінливість $\Sigma T_{\text{дн}}$ та $\Sigma T_{\text{н}}$.

В горбистому та гірському рельєфі при переважаючих різницях висот місцевості $\Delta H \approx 50-150$ м, $\Delta H \approx 200-500$ та до $\Delta H > 500$ м відкриті верховини, вододільні плато, а також верхні частини схилів вдень за рахунок посилення вітрового потоку та турбулентного перемішування повітряних мас можуть бути на $50-100$ °С та до $150-200$ °С холодніші, а замкнені вузькі долини та улоговини з погіршеним повітряобміном - на $100-150$ °С та $250-350$ °С тепліші відкритого рівного місця. Вночі співвідношення ресурсів тепла за елементами рельєфу змінюється на зворотне. Саме верховина та верхні частини схилів виявляються на $100-200$ °С та до $250-350$ °С теплішими, а вузькі замкнені долини та улоговини на $100-200$ °С і до $300-350$ °С холоднішими відкритого рівного місця. Діапазон мікрокліматичної різниці ресурсів тепла ($\Delta \Sigma T_{\text{дн}}'$, $\Delta \Sigma T_{\text{н}}'$) за формами рельєфу складає вдень $100-200$ °С і до $350-450$ °С, а вночі – від $200-350$ °С до $600-700$ °С. Максимальна різниця між сумами денних і нічних температур спостерігається на увігнутих формах рельєфу (денна долин, улоговини), а найменша – на випуклих формах (вододільне плато, верховина). При цьому, спостерігається зростання діапазону мікрокліматичної мінливості сум денних і нічних температур із збільшенням глибини вертикального розчленування рельєфу (Рис. 2.2). Так, наприклад, різниця сум денних і нічних температур для двох типів рельєфу – пагорбкуватого і горбистого – на верхній частині схилів складає 800 і 400 °С, а в нижній частині схилів і на денах долин – 1600 і 2200 °С.

$\Sigma T_{\text{дн}}, \Sigma T_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$

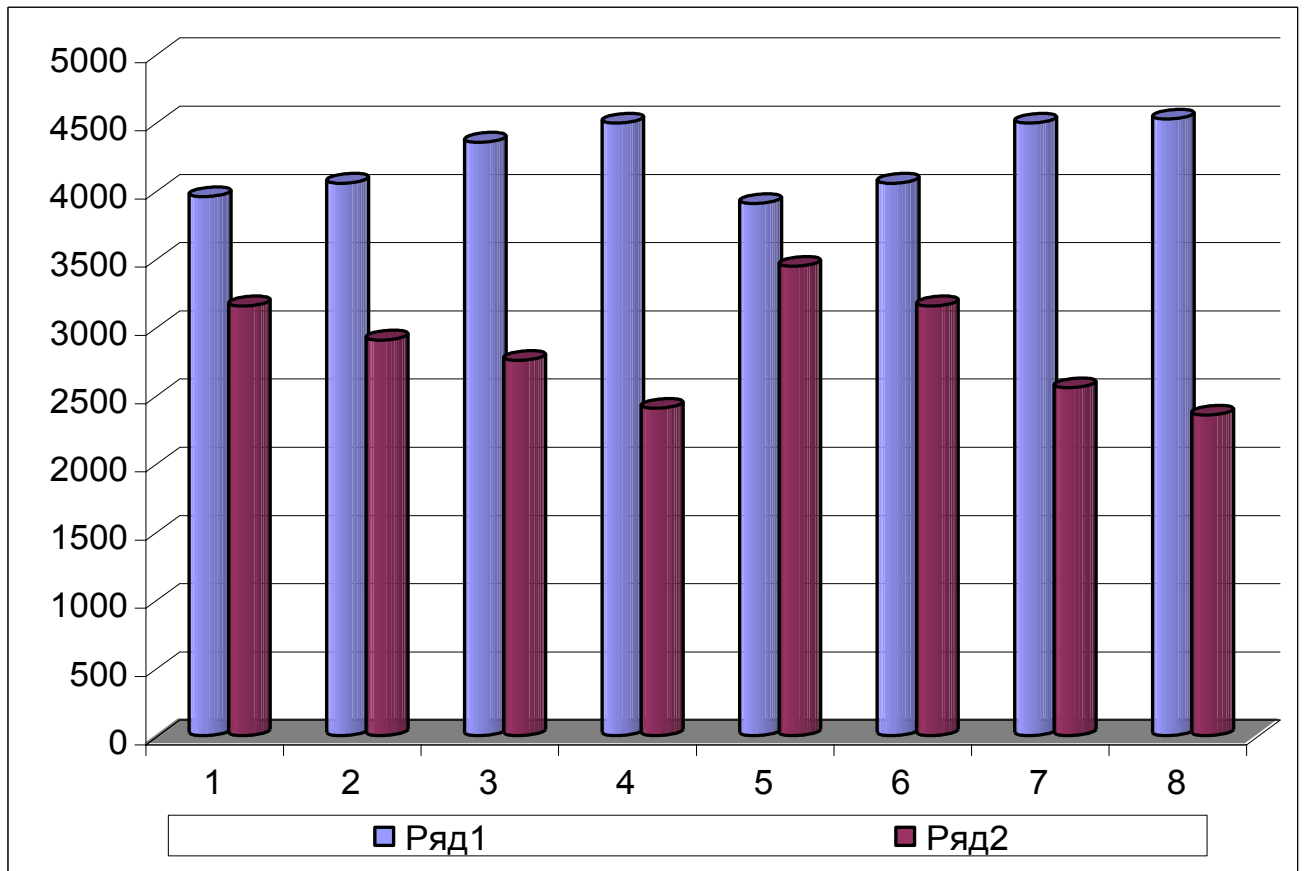


Рис. 2.2 – Мікрокліматична мінливість показників теплових ресурсів в Україні. Ряд 1 - $T_{\text{дн}}$, ряд 2 - $\Sigma T_{\text{н}}$; 1- 4 – пагорбкуватий тип рельєфу, 5 – 8 горбистий тип рельєфу; 1, 5 – верхня частина схилу, 2, 6 – середня частина схилу, 3, 7 – нижня частина схилу, 4, 8 – денна долин.

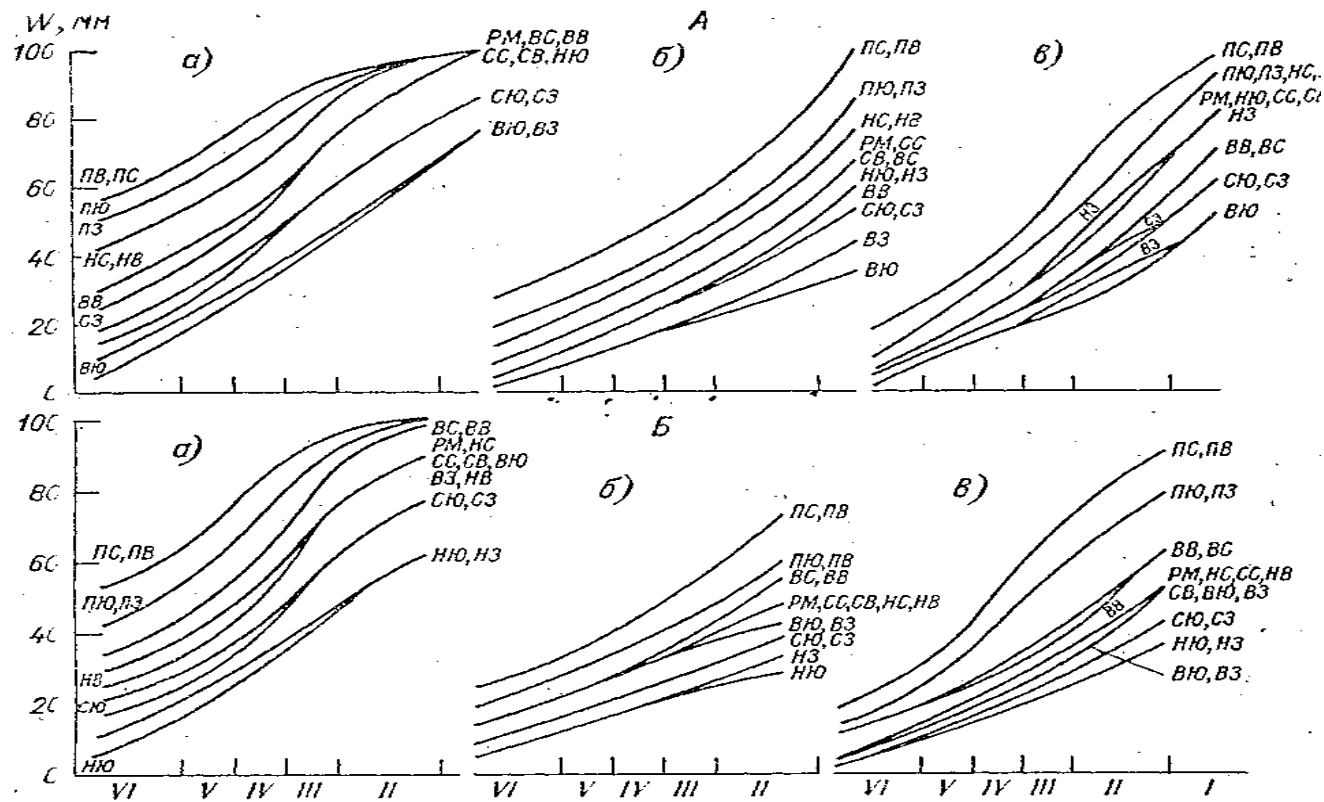
2.3. Оцінка мікрокліматичної мінливості умов зволоження територій

Фонову інформацію показників зволоження різних територій можна отримати із кліматичних та агрокліматичних довідників, а також атласів [1, 2, 100]. Але більшість вказаних показників ресурсів зволоження територій характеризуються значною просторово-часовою мінливістю під впливом неоднорідностей підстильної поверхні (рельєфу, ґрунтового покриву,

близькістю та розмірами водоймищ, різних агроценозів) на незначних площах. Наприклад, на кількість опадів і їх просторовий перерозподіл впливають форма рельєфу, експозиція і крутість схилів та їх орієнтація відносно вологоносного потоку, висота підвищених та їх горизонтальна протяжність.

Із усіх показників зволоження територій найбільш інформативним показником є запаси продуктивної вологи у ґрунті, точне врахування яких є необхідною умовою визначення вологозабезпеченості рослин. На рівнинних землях вони визначаються кліматичними умовами, характером ґрунтового покриву і особливостями рослинності. В горбкуватому рельєфі запаси вологи у ґрунті, крім вище названих чинників, також пов'язані з різними елементами рельєфу. Причому вологість ґрунту часто в різних місцезположеннях рельєфу змінюється в значно більшому діапазоні, ніж при переході із однієї кліматичної зони в іншу. Причиною нерівномірного зволоження ґрунту на різних ділянках горбкуватого рельєфу, поряд з неоднаковими витратами вологи на випарування із схилів різної експозиції і стрімкості та перерозподілу опадів є здатність ґрунту поглинати і утримувати вологу.

Внаслідок аналізу матеріалів експедиційних досліджень, проведених в різних регіонах минулого СРСР, та спеціальних розрахунків О.Н. Романова розробила універсальну схему мікрокліматичної мінливості зволоження ґрунту у відсотках від повної польової вологоємності (% ПВ) в умовах горбкуватого рельєфу для схилів прямого та увігнутого (а) і опуклого (б) профілів для 6-ти зон зволоження (рис.2.3, табл.2.3). Впродовж теплого періоду (весна, літо, осінь) в зоні надмірного зволоження на схилах прямого і увігнутого профілю вологість ґрунту, в залежності від місцезположення, змінюється від 50-55% ПВ на верхніх частинах південних і західних схилів до 90-95% ПВ – на підніжжі. На рівних ділянках, верхніх і середніх частинах північних схилів, середніх



З О Н И З В О Л О Ж Е Н Н Я

Рис. 2.3 – Вологозабезпеченість ґрунтів (в % НВ) в різних місцезположеннях за зонами зволоження.

Профілі схилів: А – прямий й увігнутий, Б – опуклий; а – весна; б - літо; в- осінь. Місцезположення: РМ – рівне місце, ВД – вододіл, ВШ – вершина; ВЮ, СЮ, НЮ, ПЮ, ВЗ, СЗ, НЗ, ПЗ, ВВ, СВ, НВ, ПВ, ВС, СС, НС, ПС – відповідно верхня, середня, нижня частини і підніжжя південного, західного, східного і північного схилів

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти K_w по зонам зволоження

Форма рельєфу	Весна	Літо	Осінь	Середнє
Надмірно зволожена (схили прямого й увігнутого профілю)				
Вершина	0,65	0,52	0,72	0,63
Північний схил, частина				
Верхня	1,0	0,95	1,0	1,0
Середня	1,0	1,0	1,0	1,0
Нижня	1,60	1,50	1,60	1,57
Підніжжя	2,18	1,88	1,99	2,02
Південний схил, частина				
Верхня	0,62	0,53	0,69	0,61
Середня	0,66	0,57	0,65	0,63
Нижня	1,0	1,0	1,0	1,0
Підніжжя	1,45	1,3	1,34	1,38
Рівне місце	1,0	1,0	1,0	1,0
Достатньо волога, слабко посушлива, посушлива та дуже посушлива (схили прямого й увігнутого профілю)				
Вершина	0,54	0,46	0,42	0,47
Північний схил, частина				
Верхня	1,0	0,86	0,98	0,95
Середня	1,0	1,0	1,0	1,03
Нижня	1,50	1,49	1,08	1,36
Підніжжя	2,0	1,50	1,60	1,70
Південний схил, частина				
Верхня	0,45	0,41	0,37	0,41
Середня	0,62	0,50	0,48	0,53
Нижня	0,93	0,93	0,96	0,95

Підніжжя	1,22	1,20	1,14	1,19
Рівне місце	1,0	1,0	1,0	1,0
Достатньо волога, слабо посушлива, посушлива та дуже посушлива (схили опуклого профілю)				
Вододільне плато	1,0	1,0	1,0	1,0
Північний схил, частина				
Верхня	0,96	0,97	0,98	0,97
Середня	1,03	1,0	1,0	1,01
Нижня	1,03	0,92	0,82	0,92
Підніжжя	2,18	1,88	1,99	2,02
Південний схил, частина				
Верхня	0,85	0,82	0,76	0,81
Середня	0,73	0,77	0,71	0,74
Нижня	0,78	0,72	0,66	0,72
Підніжжя	1,22	1,18	1,14	1,18

частинах східних, нижніх частинах південних і західних схилів зволоженість досягає 80% ПВ. Нижні частини північних і східних схилів більш зволоженні (85% ПВ), а верхні частини південних схилів більш посушливі (70% ПВ) порівняно з вирівненими ділянками. В середніх частинах південних і західних схилів вологість ґрунту становить 60-65% ПВ.

В зоні достатнього зволоження вологість ґрунту в різних місцезонах рельєфу змінюється від 35 до 85% ПВ, тобто діапазон мінливості вологи тут трохи більший, ніж в надмірно зволоженій зоні (на 10% ПВ). На вирівняних ділянках, а також на верхніх і середніх частинах північних схилів, на середніх частинах східних і нижніх частинах південних і західних схилів вона становить 35-60% ПВ, а на підніжжі

схилів – 75-80% ПВ. В слабкопосушливій і посушливій зонах зволоження змінюється від 20-25% на верхніх і середніх частинах схилів до 60-70% ПВ – на їх підніжжі. На рівному місці воно становить 35-45% ПВ. Загальною закономірністю є зменшення різниці зволоження від надмірно зволоженої зони (45-95% ПВ) до 10-35% ПВ в сухій і дуже посушливій зонах. На схилах опуклого профілю мікрокліматична мінливість зволоження ґрунту має деякі особливості. Загальною закономірністю є зниження вологості від 30-85% ПВ в зоні надмірного зволоження до 5-25% ПВ – в посушливій. Спостерігається також зменшення діапазону мікрокліматичної мінливості зволоження, особливо в дуже посушливій і сухій зонах. На схилах опуклого профілю можна простежити перерозподіл окремих місцеположень за умовами зволоження. Наприклад, більш зволоженими будуть верхні частини північних і східних схилів (до 70-75% ПВ) і менш зволожені – нижні частини західних і південних схилів (до 35-40 і 5-7% ПВ).

Закономірність просторово – часової мінливості зволоження досить чітко простежується на графіках. Максимальна різниця зволоження ґрунту в різних місцеположеннях рельєфу в посушливій зоні спостерігається саме весною на усіх видах профілів схилів. В зоні надмірного зволоження максимальний діапазон мікрокліматичної мінливості відзначається влітку, а в зоні достатнього зволоження – восени. Причому, простежується значна мінливість не тільки абсолютних значень показника зволоження, а й діапазон його мінливості. Весною в зоні надмірного зволоження діапазон мінливості випарування складає 30% ПВ – від 70-75% на верхніх частинах південних і західних схилів до 100% на рівних ділянках, вершинах і середніх частинах північних і східних схилів та нижніх частинах південних схилів. На схилах опуклого профілю діапазон мінливості збільшується до 40% ПВ. В зоні достатнього зволоження діапазон мікрокліматичної мінливості також збільшується до 40% ПВ при аналогічному порядку

місцеположень. В посушливій та сухій зонах діапазон зростає до 55% ПВ – від 3 до 58% ВП. Влітку криві зволоження мають іншу форму. Якщо весною, за винятком верхньої частини південних і західних схилів, криві мали опуклий профіль, то влітку він увігнутого типу, що обумовлено особливістю мінливості зволоження в різних зонах. Максимальна мікрокліматична мінливість спостерігається в зоні достатнього і надмірного зволоження – відповідно від 20 до 80 і від 35 до 100% ПВ на прямих і увігнутих профілях схилів та від 20 до 60 і від 25 до 80% ПВ - на опуклих профілях. В 4-5-й зонах ці величини знижуються відповідно до 0-35 і 0-25% ВП. Восени відзначається найбільша різниця в умовах зволоження від зони до зони, проте діапазон мікрокліматичної різниці на прямих і увігнутих схилах дещо менше, ніж влітку, його максимум спостерігається на опуклих формах рельєфу. В посушливій і сухій зонах він мінімальний і не перевищує 25% ПВ. Тут на самих сухих ділянках зволоження складає 30% ПВ, а вологих – 80% ПВ. Зволоження на західній і південній експозиціях приблизно однакова, причому на верхній частині цих схилів воно близько до вологості в'янення (ВЗ).

Показник зволоження ґрунту, представлений у відсотках від повної вологоємності (ПВ), зручно використовувати з метою оцінки загальних кліматичних і мікрокліматичних умов. Але для оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування сільськогосподарських культур більш широке застосування має показник запасів продуктивної вологи у ґрунті. Спеціальні дослідження, проведені Процеровим О.В. і Кільчевською Л.С., дозволили встановити, що вологість ґрунту, яка відповідає повній вологоємності (ПВ) для кожного конкретного типу ґрунту, по території змінюється мало (в межах 5-7%), причому різниця має випадковий характер і може бути обумовлена похибкою спостереження. Але в залежності від гранулометричного складу різниця вологості ґрунту, вираженого через ПВ змінюється істотно: супіщані ґрунти за вологості, яка

дорівнює ПВ, завжди містять більшу кількість вологи, ніж суглинисті. Згідно із дослідженнями О.О. Роде [87] вологість в'янення спостерігається при 20% ПВ і відповідає нульовому вмісту продуктивної вологи. Тоді залежність між величиною запасів вологи у відсотках повної вологоємності (%ПВ) і виражених в мм згідно дослідженням Кельчевської Л.С. має такий вигляд:

W, %ПВ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
W, мм	-25	00	25	50	70	95	120	140	165	190

Таким чином розрахунки запасів продуктивної вологи у ґрунті у шарі 0-50 см (для умов середнього суглинку) в різних місцезонах розчленованого рельєфу виконується за формулою:

$$W' = K'_w \cdot K'' \cdot \bar{W} \quad (2.11)$$

де W' - запаси продуктивної вологи у ґрунті у шарі 0-50 см для умов середнього суглинку в різних місцезонах розчленованого рельєфу, K'_w , K'' - мікрокліматичні параметри просторової мінливості запасів продуктивної вологи у ґрунті (під впливом елементів рельєфу, гранулометричного складу ґрунту), \bar{W} - запаси продуктивної вологи у ґрунті у шарі 0-50 см для умов середнього суглинку рівнинної території.

Так як представлена схема мікрокліматичної мінливості вологозапасів виконана для ґрунтів з середньо суглинистим гранулометричним складом, повстає задача їх коректування для ґрунтів іншого гранулометричного складу. Кельчевська Л.С. [40], на основі аналізу фактичних і розрахункових даних, виявила, що різниця у запасах продуктивної вологи у шарі ґрунту 0-50 см для супіщаного і суглинистого ґрунту становить 25 мм. За допомогою цього показника можна доповнити загальну схему мікрокліматичної мінливості запасів продуктивної вологи у ґрунті. Аналіз

розрахункових і емпіричних даних дозволяє зробити висновок, що найбільша різниця зволоження по елементах рельєфу простежується у випадку, коли зволоження на рівнинних ділянках складають 50-70% ПВ.

2.4. Оцінка мікрокліматичної мінливості показників морозонебезпечності

Механізм формування мікрокліматичної різниці зимових температур в складному рельєфі визначається умовами радіаційного вихолодження вночі, стоку і підтоку холодного повітря по елементах рельєфу і площею повітрязбору. Чим більша площа схилів і вершин, з яких вночі стікає охолоджена повітряна маса, тим нижче \bar{T}_m і T_x в нижній частині схилів та на дні долин. Динамічний механізм формування мікроклімату пагорбкуватого, горбкуватого і гірського рельєфу знаходиться в прямій залежності від глибини розчленування рельєфу по вертикалі, тобто від базисів ерозії ($\Delta H, m$), а також від ступеню континентальності клімату. В гірському рельєфі з перевищенням висот між вершиною хребтів і днищем долин в межах 200-300 м і більше, крім місцеположення в рельєфі, чітко відзначається також вплив абсолютної висоти над рівнем моря. Діапазон мікрокліматичної різниці $\Delta \bar{T}_m$ в гірському рельєфі між верхніми частинами схилів або відкритими схилами і вузькими долинами або улоговинами коливається в межах 15-22°C, в горбкуватому і пагорбкуватому – відповідно 7-16 і 3-5°C. З.А. Міщенко [13, 17, 26] розробила універсальну розрахункову схему мезо- та мікрокліматичної мінливості зимових температур повітря (\bar{T}_m, T_x і T_{xp}) в горбистому та гірському рельєфі для території СНД в залежності від базисів ерозії (ΔH_m) та ступеню континентальності клімату. За механізмом формування мікрокліматичних інверсій температури виділено декілька груп місцеположень в мікрорельєфі:

- 1) верховини, вододільні плато, верхні частини схилів;
- 2) середні частини схилів різної експозиції та крутості, дена долин з великою крутістю (більш ніж 8-12⁰) впродовж осі;
- 3) фонові місцеположення, які характеризують умови відкритого рівного місця з відносно добрим обміном повітря вдень та вночі (рівнинні землі, середні частини пологих схилів крутістю до 5⁰, передгірські широкі долини (до 10 км у поперечнику);
- 4) підосви схилів усіх експозицій, дно та нижні частини широких долин (до 2-4 км у поперечнику);
- 5) дно та нижні частини вузьких (шириною менш ніж 1 км в поперечнику) замкнених долин, улоговини.

Розглянута класифікація була покладена в основу кількісної оцінки мікрокліматичної мінливості середнього із абсолютних мінімумів температури повітря в пагорбкуватому, горбистому і гірському рельєфі (Табл. 2.4).

Відзначається відносна стійкість мезо- і мікрокліматичних параметрів в різних формах рельєфу порівняно із значеннями \bar{T}_m в середній частині схилу. Вони обчислюються як різниця між \bar{T}'_m в будь-якому місцеположенні і \bar{T}_m в середній частині схилу, тобто за формулою вигляду:

$$\Delta\bar{T}'_m = \bar{T}'_m - \bar{T}_m \quad (2.12)$$

Значення мікрокліматичних параметрів $\Delta\bar{T}'_m$ зменшуються з висотою місця в усіх гірських системах. Якщо відома фонові величина, можна визначити \bar{T}'_m в різних місцеположеннях рельєфу розрахунковим шляхом за формулою:

$$\bar{T}'_m = \bar{T}_m \pm \Delta\bar{T}'_m \quad (2.13)$$

Таблиця 2.4 – Мінливість зимових температур повітря (\bar{T}_m , T_x і T_{xp}) під впливом місцеположення в горбкуватому і гірському рельєфі на території СНД (°C)

Райони	Параметри	Вершина, верхня частина схилу	Середина схилу	Широка долина	Замкнена долина, улоговина	Різниця вершина-улоговина
1. Слабко пагорбкуватий рельєф ЄЧ СНД ($\Delta H \leq 50$ м)	\bar{T}_m, T_x, T_{xp}	2	1	-2	-3;-4	5-6
2. Те ж в умовах континентального клімату АЧ СНД	\bar{T}_m, T_x, T_{xp}	2,3	1,2	-2	-4	6,7
3. Горбкуватий рельєф ЄЧ СНД ($\Delta H \approx 50-150$ м) і відносно рівнинний рельєф АЧ СНД	\bar{T}_m, T_x, T_{xp}	3,4	>2	-2;-3	- 4;-5	7-9
4. Горбкуватий рельєф АЧ СНД ($\Delta H \approx 50-150$ м) і середньогірський рельєф ЄЧ СНД ($\Delta H \approx 150-300$ м та більше)	\bar{T}_m, T_x, T_{xp}	4-5	2,3	>-3	-5;-6	9-11

5. Низько- і середньо гірський рельєф АЧ СНД ($\Delta H \approx 150-300$ м) та гори Кавказу ($\Delta H > 300$ м)	$\bar{T}_m, T_x,$ T_{xp}	>5	-	-3;-5	-6;-8	11-13
6. Гори Тянь-Шаню, Паміру, Алтаю і Саян ($\Delta H > 300$ м)	$\bar{T}_m, T_x,$ T_{xp}	5-6	-	-5;-6	-8;-9	13-15
7. Гори Центральної і Східної Якутії ($\Delta H > 300$ м)	$\bar{T}_m, T_x,$ T_{xp}	>6	-	-6;-7	-9;-10	15-17

Примітка. Знак “плюс” – підвищення зимових температур порівняно з рівним місцем в горбкуватому рельєфі або із схилом в гірському рельєфі; знак “мінус” – відповідно зниження

де \bar{T}'_m – середній із абсолютних річних мінімумів температури повітря в конкретному місцеположенні рельєфу; \bar{T}_m - те ж для умов відкритого рівного місця; $\Delta\bar{T}'_m$ – відповідний мікрокліматичний параметр.

Для деяких практичних задач, в тому числі для розробки рекомендацій розміщення сільськогосподарських культур, особливо багаторічних (виноградники, сади, ефіроолійні культури) треба орієнтуватися на імовірнісні характеристики зимових мінімальних температур. Інформацію в зональному розрізі про можливі \bar{T}_m різної забезпеченості, порівняно із середніми багаторічними величинами, для нормальних місцеположень можна отримати із довідників по клімату або виконати розрахунки сумарної ймовірності \bar{T}_m за формулою Г.О. Алексєєва. Аналогічну інформацію з урахуванням мезо- і мікроклімату отримати традиційним шляхом неможливо. З цією метою, за методом ущільнення кліматологічної інформації, З.А.Міщенко і Г.В.Ляшенко запропонували використовувати дані табл. 2.4 і фоновий розподіл середнього із абсолютних річних мінімумів температури повітря на території України.

Величини T'_m , T'_x і T'_{xn} завданої ймовірності для конкретних місцеположень в рельєфі вона пропонує виконувати за наступними формулами:

$$\bar{T}'_{m(10, 20, \dots, 90\%)} = \bar{T}_{m(10, 20, \dots, 90\%)} \pm \Delta\bar{T}'_m, \quad (2.14)$$

де \bar{T}'_m - середній із абсолютних мінімумів температури повітря різної ймовірності в певному місцеположенні рельєфу; \bar{T}_m - те ж для умов відкритого рівного місця в горбкуватому рельєфі або на середині схилу в горах; $\Delta\bar{T}'_m$, - відповідний мікрокліматичний параметр.

2.5. Оцінка мікрокліматичної мінливості показників заморозконебезпечності

Значної шкоди сільськогосподарським культурам, особливо їх теплолюбної групи, згідно із І.А.Гольцберг [] наносять заморозки радіаційного і адвективно-радіаційного типів, тому що спостерігаються пізно весною (в деяких регіонах навіть на початку літа) та на початку осені. Ці типи заморозків характеризуються найбільшою тривалістю, інтенсивним вихолоджуванням та мікрокліматичною мінливістю під впливом неоднорідностей підстильної поверхні. Механізм формування мікрокліматичної мінливості показників режиму заморозків радіаційного типу аналогічний механізму формування мікрокліматичних інверсій температур взимку і визначається інтенсивністю радіаційного вихолоджування поверхні ґрунту і приземного шару повітря за ясної безвітряної погоди та вітрів схилів, які обумовлюють нерівномірний стік і притік холодного повітря в різних місцеположеннях. Процеси формування адвективно-радіаційного типу заморозків пов'язані з посиленням адвекції холодного повітря нічним радіаційним вихолоджуванням.

В умовах пагорбкуватого, горбкуватого і гірського рельєфу вночі охолоджене, внаслідок ефективного випромінювання, повітря приземного шару, як більш важке, стікає з вершини вниз вздовж по схилу і накопичується на підніжжі та дні долин у вигляді “озер холоду”, досягаючи іноді значної потужності. На рис. 2.4 представлена загальна схема формування “озер холоду” в розчленованому рельєфі та виділено місцеположення, які відрізняються за умовами заморозконебезпечності. Найменша заморозконебезпечність за радіаційного і адвективно-радіаційного типів заморозків спостерігається на опуклих формах рельєфу – верховини, вододіли і вододільні плато, верхні частини схилів. Найбільш заморозконебезпечними є увігнуті форми рельєфу – глибокі U-подібні

долини із крутістю схилів більше 10° і з добре вираженим дном шириною менше 300 м та з поганим провітрюванням. Дно таких долин, за даними Селянінова Г.Т., на 3-4 $^\circ\text{C}$ прохолодніше рівнинних земель і середньої частини схилів. Розташування на схилі певних перешкод, якими можуть бути високі густі посадки дерев та будівлі дещо змінює процес стікання холодного повітря. Треба зазначити, що на верхній частині схилів висота холодного повітря може складати 10-20 см, в середній частині – до 1 м і більше, а на підніжжі схилів та дні долин із незначним нахилом вздовж лінії стоку глибина “озер холоду” може досягати 8-10 м.

За даними багаторічних матеріали спостережень мережі гідрометеорологічних станцій і постів та спеціальних мікрокліматичних спостережень в різних регіонах СРСР І.А.Гольцберг була розроблена уніфікована таблиця мікрокліматичної мінливості показників заморозконебезпечності під впливом горбкуватого рельєфу, близькості значних водоймищ та типів ґрунтів (Табл. 2.5). Було виділено 14 місцеположень, які відрізняються за умовами стоку і притоку холодного повітря, ступенем заморозконебезпечності, мінливістю мінімальної температури повітря весною і восени та тривалістю беззаморозкового періоду.

Найменшою заморозконебезпечністю характеризуються опуклі форми рельєфу, до яких відносяться вододіли, вершини та верхні частини схилів. Тут відсутній приток холодного повітря і спостерігаються добрі умови його стоку. Ступінь заморозконебезпечності для цих місцеположень оцінюється 1 і 2 балами. В цих місцеположеннях мінімальні температури, які характеризують інтенсивність заморозків, на 3-5 та 1-2 $^\circ\text{C}$ вищі, ніж на фонових місцеположеннях, а тривалість беззаморозкового періоду перевищує аналогічну тривалість на рівнинних ділянках на 15-25 і 5-15 днів. Сума температур за беззаморозковий період на 150-200 і 50-150 $^\circ\text{C}$ вища ніж в середніх умовах. Цим же балом оцінюють такі місцеположення

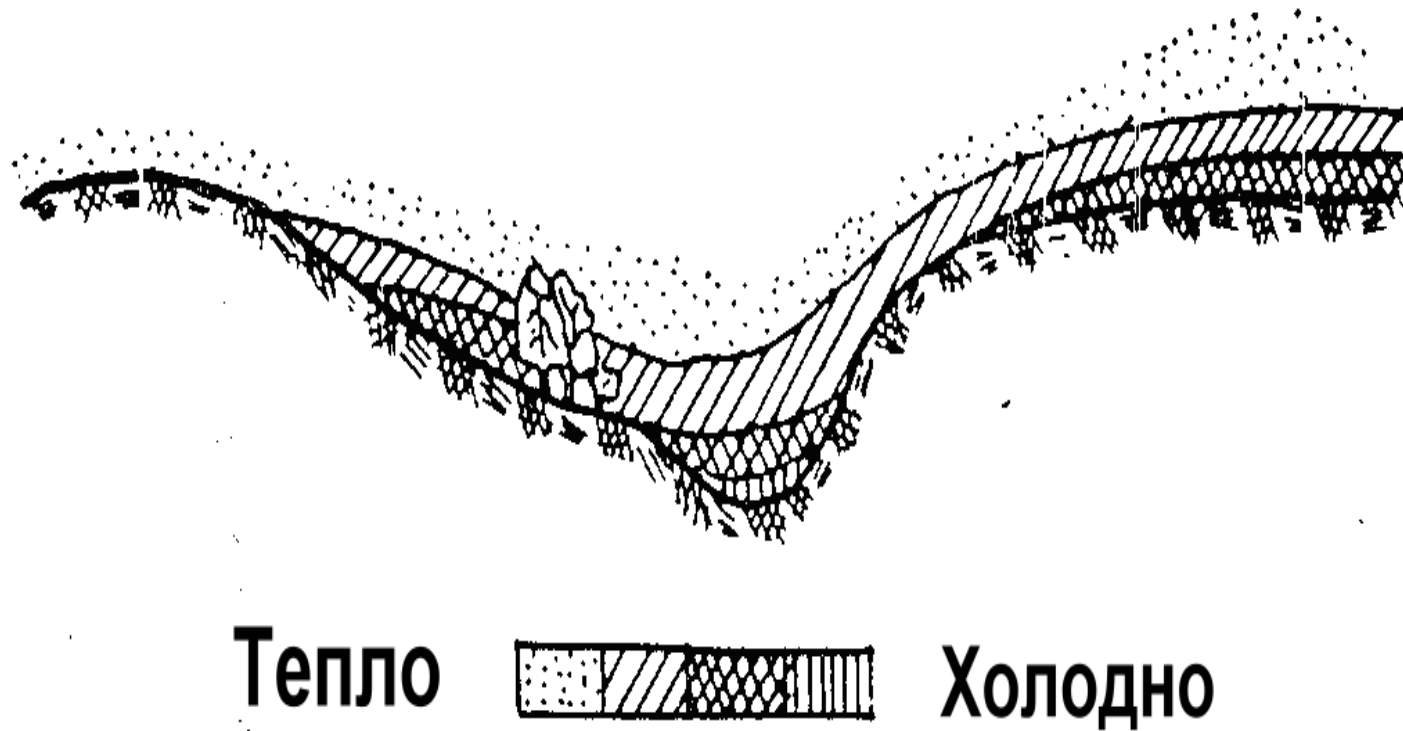


Рис. 2.4 – Схема мінливості умов заморозконебезпечності в складному рельєфі.

I – найменш заморозконебезпечна, II - відносно заморозконебезпечна, III – заморозконебезпечна,
IV – дуже заморозконебезпечна

Таблиця 2.5 – Мікрокліматична мінливість показників заморозконебезпечності під впливом неоднорідностей підстильної поверхні (за І.А.Гольцберг)

Місцеположення	Умови повітрообміну		Ступінь заморозконебезпечності (бали)	Мінливість					
	Притік	Стік		Інтенсивності заморозків (ΔT мін), °С		Тривалості беззаморозкового періоду ($\Delta N_{\text{бп}}$), дні		Суми температур за беззаморозковий період (Δ), °С	
				від	до	від	до	від	до
1	2	3	4	5		6		7	
1. Вершини, верхні і середні частини стрімких схилів (відносна висота $\Delta H > 50$ м)	нема	добрий	1	3	5	15	25	150	200
2. Вершини і верхні частини пологих схилів (відносна висота $\Delta H < 50$ м)	нема	є	2	1	3	5	15	50	150
3. Рівнини, пласкі вершини, середні частини дна широких	нема	нема	3	0		0		0	

відкритих долин								
4. Середні частини пологих схилів (крутість 3-10°)	Нема	є	3	0	0	0	0	
5. Дно і нижні частини схилів вузьких долин із значним нахилом вздовж осі	є	добрий	1	3	5	15	25	150 200
6. Дно і нижні частини схилів вузьких долин з помірним нахилом	є	є	2	1	3	5	15	50 200
1	2	3	4	5	6	7		
7. Долини значних річок, берега водоймищ	Є	є	2	2	4	10	20	100 200
8. Дно і нижні частини схилів нешироких глибоких долин із значним нахилом вздовж осі	є	є	3	0	0	0	0	0
9. Те ж із слабким нахилом	Є	слабкий	4	-2	-3	-10	-15	-100 -200
10. Дно і нижні частини схилів нешироких звивистих	є	майже	5	-3	-5	-15	-25	-200 -300

замкнених долин		немає						
11. Улоговини	Є	немає	5	-4	-6	-20	≥ -30	-250 ≥ -350
12. Нижні частини схилів та прилеглі частини дна широких долин	є	слабкий	4	-3	-5	-15	-25	-200 -300
13. Замкнені широкі пласкі коритоподібні долини	Є	майже немає	5	-4	-6	-20	≥ -30	-250 -300
14. Сирі низини	Немає	немає	4	-3	-6	-15	-30	-200 -350

як дно та нижні частини схилів із значним та помірним нахилом вздовж лінії стоку, так званні V-подібні долини і долини великих рік. Мікрокліматична мінливість інтенсивності заморозків і тривалості беззаморозкового періоду в цих місцезоположеннях аналогічна верхнім частинам схилів.

Середні умови заморозконебезпечності, які оцінюються 3 балами, характерні для рівнин, плоских вершин, ден широких (більше 1 км) відкритих долин та середніх частин пологих схилів в пагорбкуватому типі рельєфу. Деяко гірші умови складаються на денах та в нижніх частинах схилів із слабким нахилом вздовж осі. Вони оцінюються 4 балами. В цих місцезоположеннях інтенсивність заморозків може бути на 2-3 °С нижче, ніж за середніх умов, а тривалість беззаморозкового періоду – на 10-15 днів менше. Найгірші умови складаються на денах та нижніх частинах U-подібних замкнених долинах із погіршеним стоком холодного повітря та в улоговинах. Тут спостерігається значний приток холодних повітряних мас і повна відсутність його стоку. Ступінь заморозконебезпечності оцінюється 5 балами, інтенсивність заморозків на 3-6 °С нижче рівнинних ділянок, тривалість беззаморозкового періоду скорочується на 15-30 днів, а сума температур за цей період менша від аналогічної на рівному місці на 200-350 °С.

Долини великих рік та озер відносяться до другої групи місцезоположень, які оцінюються 2 балами заморозконебезпечності. Інтенсивність заморозків в цих місцезоположеннях на 2-4 °С менше ніж на рівнинних ділянках, тривалість беззаморозкового періоду - на 10-20 днів більша, а сума температур за цей період - на 100-200 °С вища, ніж в середніх умовах. На морських островах, косах та узбережжі на відстані до 0,5-1,0 км від берегу незалежно від відкритості місця можливе збільшення тривалості беззаморозкового періоду на 25-35 днів. Але цей вплив моря спостерігається в тихі безвітряні ночі або при слабкому вітрі, тобто в

умовах, характерних для пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків з переважанням радіаційного процесу і простягається в глибину суші на незначні відстані. Воно обмежено місцевою циркуляцією повітря, яке виникає між відносно теплим морем і холодною сушею, типу бризів, які в тихі весняні і осінні ночі розвиваються слабо й обіймають незначну смугу узбережжя. Вплив моря за таких умов простирається не далі, ніж на 5-6 км. За наявності вітру, який дує перпендикулярно до берегу або під незначним кутом до нього, вплив водоймища простирається значно далі від навітряного схилу і складає 12-15 км.

На відміну від долин річок сирі низини відносяться до місцеположень з погіршеними умовами – ступінь заморозконебезпечності складає 4 бали, а інтенсивність заморозків в цих місцеположеннях на 4-6 °С більша, ніж в середніх умовах, тривалість беззаморозкового періоду скорочується на 15-30 днів, а сума температур за цей період зменшується на 200-350 °С. Зменшення тривалості беззаморозкового періоду порівняно з рівним місцем спостерігається на лісних полянах, де внаслідок застою холодного повітря можлива значна інверсія температури. Ступінь заморозконебезпечності тут складає 4 бали. Інтенсивність заморозків може бути більшою, ніж на рівному місці на 3-6 °С, тривалість беззаморозкового періоду скорочується, як і в улоговинах, на 20-30 днів, а сума температур за цей період зменшується порівняно з рівнинними землями на 200-350 °С. Навіть на великих полянах з діаметром 0,5-0,8 км і більше скорочення беззаморозкового періоду може складати 20-25 днів.

Згідно виконаним розробкам вже зараз можна давати оцінку просторової мінливості показників заморозконебезпечності в будь-якому регіоні СНД для різних місцеположень. Розрахунки показників заморозконебезпечності можна виконувати за такими простими формулами:

$$D'_B = D_B \pm \Delta D'_B, \quad D'_O = D_O \pm \Delta D'_O, \quad (2.15)$$

$$T_{\text{в}}' = T_{\text{в}} \pm \Delta T_{\text{в}}', \quad T_{\text{о}}' = T_{\text{о}} \pm \Delta T_{\text{о}}', \quad (2.16)$$

$$N_{\text{бп}}' = N_{\text{бп}} \pm \Delta N_{\text{бп}}', \quad (2.17)$$

$$\Sigma T_{\text{бп}}' = \Sigma T_{\text{бп}} \pm \Delta \Sigma T_{\text{бп}}', \quad (2.18)$$

де $D_{\text{в}}'$, $D_{\text{о}}'$, $I_{\text{в}}'$, $I_{\text{о}}'$, $N_{\text{бп}}'$, $\Sigma T_{\text{бп}}'$ - відповідно значення дат весняних і осінніх заморозків, інтенсивності цих заморозків, тривалість беззаморозкового періоду і сума температур за цей період в будь-якому місцеположенні; $D_{\text{в}}$, $D_{\text{о}}$, $I_{\text{в}}$, $I_{\text{о}}$, $N_{\text{бп}}$, $\Sigma T_{\text{бп}}$ - ті ж показники для умов відкритого рівного місця; $\Delta D_{\text{в}}'$, $\Delta D_{\text{о}}'$, $\Delta I_{\text{в}}'$, $\Delta I_{\text{о}}'$, $\Delta N_{\text{бп}}'$, $\Delta \Sigma T_{\text{бп}}'$ - параметри мікрокліматичної мінливості показників заморозконебезпечності

У випадках впливу декілька факторів, наприклад, місцеположення і ґрунту, або ґрунту і близькості водоймища розрахунок показників заморозконебезпечності для них виконується за формулою вигляду:

$$\Sigma T_{\text{бп}}' = \Sigma T_{\text{бп}} \pm \Delta \Sigma T_{\text{бп}}' \pm \Delta \Sigma T_{\text{бп}}'' \quad (2.19)$$

де $\Delta \Sigma T_{\text{бп}}' \pm \Delta \Sigma T_{\text{бп}}''$ - параметри мікрокліматичної мінливості, наприклад, сум температури повітря за беззаморозковий період під впливом двох факторів.

Агрокліматична оцінка методів захисту сільськогосподарських культур від заморозків базується на врахуванні ймовірності прояву заморозків різної інтенсивності в період їх вегетації. При цьому має сенс визначення можливого зниження їх шкідливого впливу шляхом зменшення інтенсивності заморозку у зв'язку із застосуванням того чи іншого

технічного способу. Найбільш поширеними ж способами є димування, дощування, відкрите прогрівання діяльного шару повітря і ґрунту, накривка. Підставою ж для вибору способу захисту від заморозків має бути детальне врахування їх ймовірності, частоти й інтенсивності в різних природно - кліматичних зонах, конкретних місцезположень в рельєфі та цінності даної сільськогосподарської культури. Останній чинник визначає межу рентабельності застосування способів захисту: чим вище цінність культури – тим більші можуть бути витрати на захист від заморозків. Проте, основним, безвитратним, методом захисту сільськогосподарських культур від заморозків має бути науково обґрунтоване їх розміщення і, в першу чергу, за агрокліматичними і мікрокліматичними умовами. Таким чином, найкращий час для захисту рослин, особливо багаторічних культур - період планування та розробки проектів закладки багаторічних насаджень.

Гольцберг І.А., на підставі паралельного аналізу показників заморозконебезпечності і ймовірності пошкодження сільськогосподарських культур виконала кліматичну оцінку й агрокліматичне районування окремих методів захисту рослин від заморозків. Територія України входить в 3-й макрорайон, де захист рослин пропонується проводити із застосуванням димлення та зрошення, а також посадка продуваємих полезахисних смуг, під впливом яких може значно зменшитися небезпечність заморозків, навіть до 0 °С. В подальшому, на прикладі культури виноград для території Молдови, Ляшенко Г.В. удосконала методика оцінки ймовірності пошкодження сільськогосподарських культур заморозками, а спеціальні розробки, проведені в умовах складного рельєфу Молдови, дозволили Міщенко З.А.[67] запропонувати диференційні методи захисту рослин в різних місцезположеннях рельєфу (табл. 2. 6).

Таблиця 2.6 – Види захисту сільськогосподарських полів від радіаційних і адвективно-радіаційних заморозків в складному рельєфі (за З.А.Міщенко)

Місцеположення	Умови повітрообміну	Оцінка заморозко-небезпечності, бали	Інтенсивність заморозків, °С	Вид захисту
Вододільні плато, вершини і верхні частини відкритих схилів (Н = 50-150 м)	Дуже Добрий	5	0, 1-2	Не потрібен
Середні частини стрімких схилів (Н=50-100 м, крутість 8-15°, Пн, ПнСх, ПЗх, Пд., Зх, Сх., ПдСх, ПдЗх, дно долин)	Добрий	4	-1, -2 -2, -4	Димлення, накривка
Відкриті рівні ділянки на рівнинах та в широких долинах, а також середні частини пологих схилів	Нормальний	3	-4, -2, -2, -4 -4, -6	Димлення, накривка дощування
Дно широких долин із слабким нахилом, нижні частини схилу	Поганий	2	-2 -2,-4 -4, -6 і більше	Дощування, відкритий прогрів, не ефективний
Дно і нижні частини нешироких звивистих долин, улоговини, сірі низини	Дуже поганий	1	-4, -6 -6, -8 і більше	Не ефективний, не рекомендується

3 МЕТОДИКА СКЛАДАННЯ АМПЕЛОЕКОЛОГІЧНИХ КАРТ МІКРОКЛІМАТУ

Виконана оцінка мікрокліматичної мінливості показників агрокліматичних умов є підставою для агрокліматичного районування територій з врахуванням мікроклімату. Кінцевою метою такого районування є виділення територій, однорідних за умовами морозо- і заморозконебезпечністю, тепло- та вологозабезпеченістю, а також радіаційно-світловими ресурсами, які обумовлюють проходження усіх процесів життєдіяльності (фотосинтезу, дихання, газообміну) і, як наслідок, формування кількості та якості врожаю конкретних сільськогосподарських культур. Таксономічною одиницею такого районування приймається мікрокліматичний район, а крок його визначення залежить від агрокліматичного фактора та мети районування. Наприклад, виділення мікрокліматичних районів за умовами морозонебезпечності для винограду може бути 1.0 або 2,5°C, за теплозабезпеченістю – 100-200°C, за запасами продуктивної вологи у ґрунті – 25-50 мм або 10% ПВ.

Основні принципи та підходи до агрокліматичного районування територій з урахуванням мікроклімату були закладені в роботах Селянінова Г.Т., Колоскова П.І., Сапожнікової Є.О., Гольцберг І.А, О.П.Сляднєв. Надалі вони були удосконалені та деталізовані в роботах З.А.Міщенко, О.Н.Романової, П.Х.Карінга [37], В.Обремсько-Старклової, Г.В.Ляшенко.

Мікрокліматичне районування територій виконується за загальною схемою для окремих показників в декілька етапів:

1. Виконується геоморфологічний аналіз території (візуальний на місцевості й картографічний) для оцінки природних неоднорідностей діяльної поверхні (ПНДП) й готується синтетична карта;
2. Проводять розрахунки середніх багаторічних значень показників клімату з імовірнісною оцінкою для умов відкритого рівного місця;
3. Виконується інвентаризація місцеположень на території й визначаються мікрокліматичні параметри за розрахунковими схемами мезо- і мікрокліматичної мінливості тих або інших показників клімату;
4. Розраховуються абсолютні значення агрокліматичних показників (середні багаторічні значення та імовірнісні характеристики показників) для усіх місцеположень на даній території;
5. Визначається інтервал для виділення мікрорайонів за показниками клімату для згрупованих, у рельєфі або на різних ґрунтах, місцеположень;
6. Виконується угруповання показників за їх значеннями в межах визначених інтервалів.
7. Складається схема мікрокліматичного районування території, де вказується номер мікрорайону та його назва, а далі дається перелік місцеположень, для яких величина районованого показника або комплексу показників входить у визначену градацію.

Найбільш наглядною формою представлення просторової мінливості агрокліматичних умов є мікрокліматична карта (картосхема). Значна просторова мінливість елементів клімату, які підлягають картуванню, на малих відстанях не дозволяє застосовувати звичайний для кліматичних карт метод ізолій. На мікрокліматичних картах (М 1:10000 і 1:25000) усі особливості клімату, обумовлені неоднорідністю підстильної поверхні (рельєфу, типів ґрунтів, близькості водоймищ тощо) показуються безпосередньо на карті у полігонному (площинному) вигляді. Каркасом цих

карт є геоморфологічні карти та карти ґрунтового покриву як елементів підстильної поверхні (місцеположень). Оцінка елементів по площі дається в розгорнутій легенді до карти або схеми мікрокліматичного районування. Іноді буває необхідність представлення просторової мінливості показників ще й у вигляді графіка.

Кількісні характеристики мікрокліматичних показників можуть бути представлені в абсолютних величинах або у відносних показниках порівняно з якоюсь частиною досліджуваної території – так званим нормальним або фоновим місцеположенням. У складному рельєфі за нормальне місцеположення приймається ділянка, яка характеризує умови відкритого рівного місця або середню частину схилу. На рівнинних землях із значною строкатістю ґрунтів, у тому числі за гранулометричним складом, за нормальне місцеположення приймається ділянка з середнім суглинком.

Мікрокліматичне районування і складання мікрокліматичних карт зазвичай проводяться паралельно. Так, на першому етапі виконується геоморфологічний аналіз території і складаються тематичні карти елементів рельєфу або синтетичні карти природних неоднорідностей підстильної поверхні (ПНДП). Приклад такої карти представлено на рис.3.1, де у вигляді окремих навантажень представлена детальна характеристика форм рельєфу, експозицій і крутості схилів та видів агроценозів. Саме ця карта є, так би мовити, каркасом для складання мікрокліматичних карт. Каркасом для мікрокліматичних карт радіаційних ресурсів буде геоморфологічна карта експозиції і крутості схилів, для карти заморозко- і морозонебезпечності – карта форм рельєфу, відносного перевищення висот, експозиції схилу та місцеположення на схилі. Мікрокліматичні карти можуть складатися по окремим елементам клімату і бути комплексними. Геоморфологічна карта, на підставі якої складається мікрокліматична карта, повинна значно перевищувати за площею

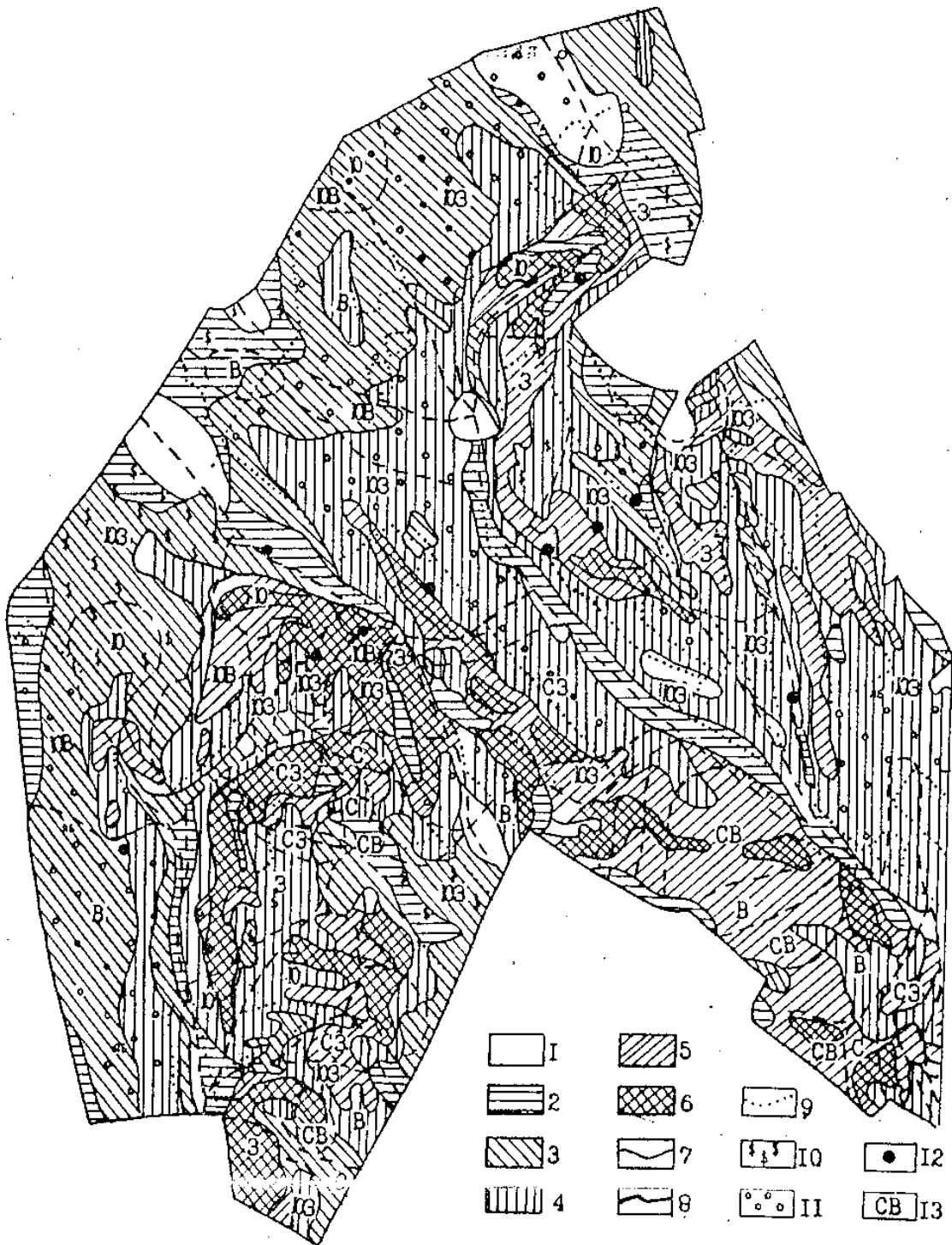


Рис. 3.1 - Комплексна синтетична карта природних неоднорідностей діяльної поверхні (ПНДП). 1- вододільне плато крутістю 0-3°; 2- дно долин і балок крутістю 0-3°; Схили крутістю: 3- 3-6°; 4- 6-9°; 5- 9-12°; 6- 12-15°; 7- межа ділянок з різною експозицією схилів; 8- межа ділянок з різною крутістю; 9- межа сільськогосподарських угідь; 10 – виноградники; 11- сади; 12- стаціонарні мікроточки; 13-позначення експозиції

майбутню карту. Це необхідно для більш точного визначення умов стоку і підтоку охолодженого нічного повітря. Мікрокліматичні карти по показникам, які характеризують умови перезимівлі та теплові ресурси території є однією з складових комплексної екологічної карти як всебічне наукове обґрунтування до розміщення багаторічних насаджень. Далі наведено приклад складання саме такої мікрокліматичної карти для окремої території Одеської області площею 160 га (рис.3.2).

1 - На першому етапі проводиться аналіз фонових агрокліматичних умов території, які взято з різних довідників з клімату, агрокліматичних ресурсів тощо. В даному випадку це показники перезимівлі й теплових ресурсів: середній із абсолютних мінімумів температури повітря ($T_{\text{мін}}$) з 50, 20 і 10%-ною ймовірністю (це такі значення $T_{\text{мін}}$, які спостерігаються 5, 2 і 1 раз в 10 років);сума активних температур повітря за беззаморозковий період з температурами вище 10°C ($\Sigma T_{\text{бп}} > 10^{\circ}\text{C}$).

2 - Інвентаризація території, тобто виділення місцеположень, які відрізняються по умовам формування мікрокліматичної різниці показників перезимівлі та теплових ресурсів). Враховуючи механізм формування мікрокліматичної різниці умов перезимівлі та теплозабезпеченості, необхідно виділити вододільні плато, вододіли, верхні, середні та нижні частини схилів, дно долин і улоговини. При цьому, треба зважати на тип рельєфу: пагорбкуватий, горбистий, низько гірський. Для складання мікрокліматичної карти теплових ресурсів необхідно виділити схили з південною й північною складовою.

3 - На третьому етапі виконують розрахунки значень показників \bar{T}'_m , $\Sigma T_{\text{дн}}'$, $\Sigma T_{\text{н}}'$, $\Sigma T_{\text{бп}}'$ за формулами 2.12,-2.14.

4- На четвертому етапі виконується аналіз діапазону мінливості того чи іншого показника і обирається крок районування, який є доцільним й перевищує похибку вимірювання і розрахунку. Наприклад, для районування

\bar{T}'_m він може бути не нижче $0,5^{\circ}\text{C}$ тощо. На цьому етапі відбувається саме складання картосхеми морозонебезпечності та теплозабезпеченості (Рис. 3.2).

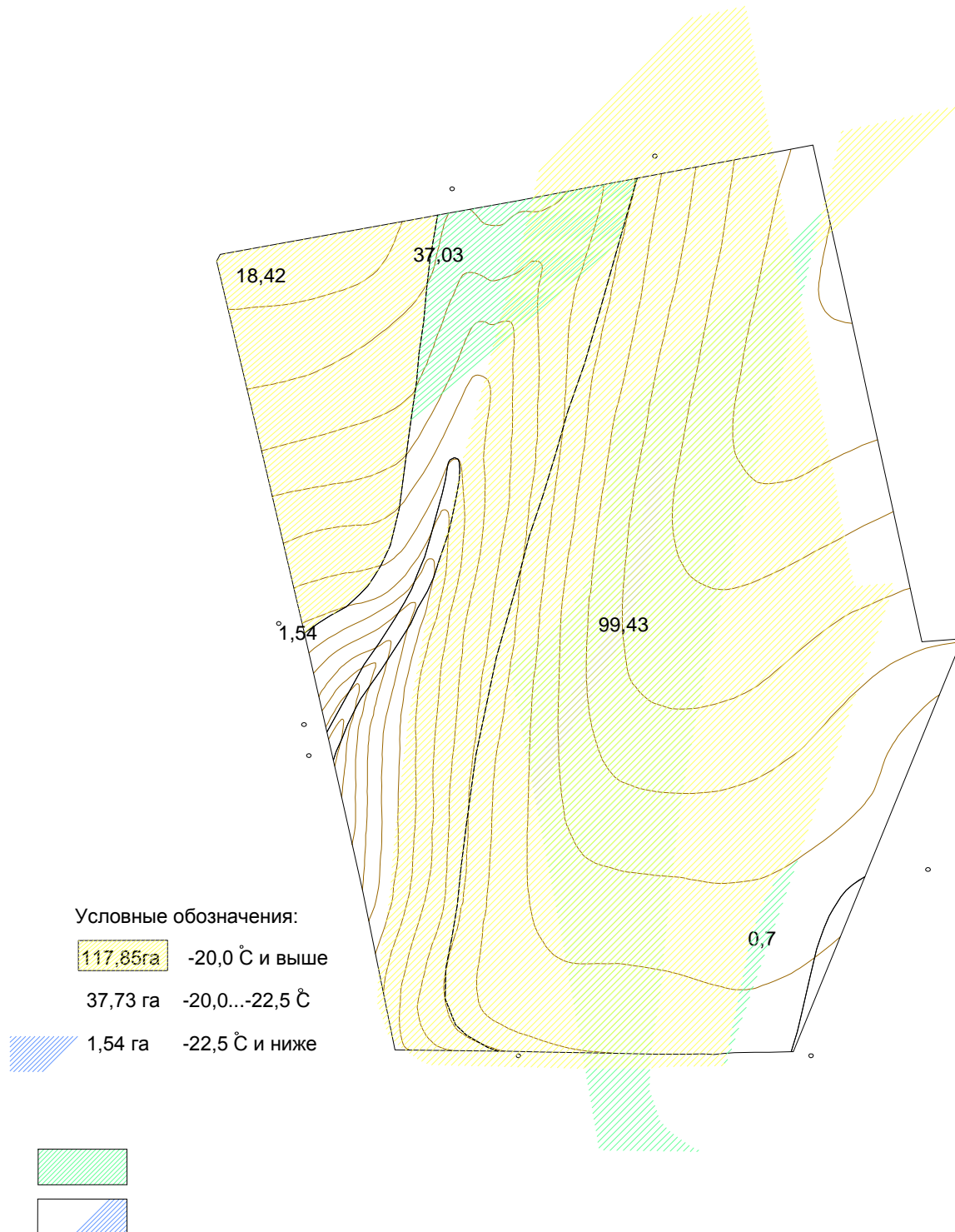


Рис. 3.2 - Мікрокліматична карта окремого господарства за умовами морозонебезпечності

Всього на даній території виділено 13 місцеположень, згрупованих в 3 мікрокліматичних района. Легенду до карти, в якій представлено детальну оцінку просторової мінливості умов морозонебезпечності та тепло забезпеченості, дано в табл. 3.1.

Література

1. Агроклиматический атлас Украинской ССР. /Под ред. С.А. Сапожниковой. - К.: Урожай, 1964. –36 с.
2. Агроклиматическое районирование пяти основных сельскохозяйственных культур на территории социалистических стран Европы. – София: БАН, 1979. – 123 с., 14 карт.
3. Агроклиматические ресурсы природных зон СССР и их использование / Под ред. Ф.Ф. Давитая, И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. –160 с.
4. Атлас природных условий и естественных ресурсов в Украинской ССР. – М.:ГУГК, 1978. – 183 с.
5. Голубова Т.А., Мищенко З.А., Пигольцина Г.Б. Микроклиматическая изменчивость суммарной и фотосинтетически активной радиации на склонах. // Труды ГГО. - 1977. - вып. 385. - с. 3-12.
6. Гойса Н.И. Радиационные факторы и продуктивность сельскохозяйственных культур. // Труды УкрНИГМИ, 1978. - вып.164. - с.49-72.
7. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. С.2, ч.2. Агрокліматичні умови росту та розвитку основних сільськогосподарських культур/ Гол. ред. М.П. Скрипник, Заст. Гол. Ред. В.П. Дмитренко, М.Ф. Цупенко. -Київ: УкрГМЦ, 1993. - 718 с.
8. Жуков В.А., Полевой А.Н, В Витченко А.Н. Даниелов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 207 с.

Таблиця 3.1 – Оцінка умов морозонебезпечності та теплозабезпеченості з врахуванням мікроклімату на території

N/N n/n	Местоположение	Морозонебезпечність, T_m (°C)		
		Сумарна ймовірність, %		$\Sigma T_{\delta/n} \geq 10^\circ C$
		50	10	
1	Вододільні плато і верхні частини схилів	-15.0 ÷ -17.5	-17.5 ÷ -20.0	3350-3450
2	Рівнинні землі (РМ), середні частини пологих схилів (менше 7°).	-17.5 ÷ -20.0	-20.0 ÷ - 22.5	3300-3400
3	Нижні частини схилів та дно долин шириною до 2 км	< -22.5	< -25.0	< 3200

9. Каринг П.Х. Агроклиматическая оценка и методы и использования ресурсов мезо- и микроклимата в сельском хозяйстве: Автореф. дис... д-ра /ЛГУ. – Л., 1991. – 64 с.
10. Клімат України // За ред. В.М.Ліпінського, В.І.Дячука, В.М.Бабіченко. - Київ: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
11. Краткий агроклиматический справочник Украины. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. –256 с.
12. Лархер В. Экология растений. – М.: Мир, 1978. – 384 с.
13. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование территории административного района (на примере Суворовского района МССР): Автореф. дис... канд. г. наук / ОГМИ. – Одесса, 1991. –24 с.
14. Ляшенко Г.В. Агрокліматичне районування України за тепловими ресурсами дня та ночі з урахуванням мезо- і мікроклімату. Науковий журнал “Культура народів Причорномо’я”.- Сімферополь, 2005 р. № 61. – С. 15-18
15. Ляшенко Г.В. Комплексное агроклиматическое районирование Украины по радиационно-тепловым ресурсам. В сб. Метеорология, климатология и гидрология, Одеса, 2004, вып. 48. – С. 219-225.
16. Ляшенко Г.В. Агроклиматическое районирование Украины по условиям увлажнения. В сб. Метеорологія, кліматологія і гідрологія, Одеса, 2005 р. № 49;
17. Ляшенко Г.В. Агрокліматичне районування України за умовами заморозконебезпечності з урахуванням мезо- і мікроклімату. Научный журнал “Культура народов Причерноморья”. Сімферополь, 2006, № 83. - С.19-24.
18. Ляшенко Г.В. Агро- и микроклиматическое обоснование размещения сельскохозяйственных культур на примере винограда Міжвідомчий

тематичний науковий збірник “Виноградарство і виноробство”, № 42. – С. 87-95

19. 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.- 111 с.
20. Методические указания по составлению микроклиматических карт колхозов и совхозов. – Московское отделение Гидрометеоиздата. Москва – 1968. – 76 с.
21. Микроклимат СССР. Под ред. И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – 286 с.
22. Мищенко З.А. Разномасштабные модели тепловых ресурсов для территорий со сложным рельефом. / Труды ГГО. – 1976. - вып. 351. – с.31-45.
23. Мищенко З.А. Биоклимат дня и ночи. –Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 280с
24. Мищенко З.А. Учет микроклимата при размещении виноградников и садов. – Кишинев: Штиинца, 1986. –103 с.
25. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В Среднемасштабная модель агроклиматического районирования с учетом микроклимата .– Киев, 1993. - Деп. стаття № 1385 Ук –93. 05.07.93
26. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В Взаимосвязь агроклиматических показателей радиационно-световых ресурсов на Украине. Киев, 1993. - Деп. стаття № 1110 Ук –94. 07.06.94
27. Мищенко З.А., Ляшенко Г.В., Ляхова С.В. О методике уплотнения агроклиматической информации на примере радиационно-тепловых ресурсов/.– Киев, 1994. - Деп. в Укр.ИНЭИ 28.07.94 за № 1435 – Ук.94.

28. Мищенко З.А., Ляхова С.В. Агроклиматическая оценка условий морозоопасности для перезимовки винограда на территории Украины. В сб.: // Метеорология, климатология и гидрология, 1999, № 36. - С.119-133.
29. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып. 10, Украинская ССР. Книга 1. – Л.: Гидрометеоздат. - 1990. – 604 с.
30. Пигольцина Г.Б. Радиационные факторы мезо- и микроклимата. – Санкт-Петербург. – СПб.:СПбГЛТА, 2003. -200 с.
31. Романова Е.Н., Мосолова Г.И., Береснева И.А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 245 с.
32. Романова Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 311 с.
33. Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. 152 с.
34. Селянинов Г.Т. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей // Памяти академика Л.С. Берга. - М., Л.: 1955, с. 187-225.
35. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. 230 с.
36. Справочник по климату СССР. Части 1-2. Вып. 1. – Л.: Гидрометеоздат. -1968 –1971.
37. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР.–Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 247 с.
38. Etude meso – climatique du canton de Vaud. / par M.Bernard Primauet. Lausenn: Office cantonal vaudois de J’urbanism. 1972. – 186 p.
39. Lowry W.P., Lowry P.P. Fundamental of biometeorology. Peavine (Oreson, United States). 1989. – 650 p.

40. Mischenko Z.A. Agroclimatic Mapping of the Continents. Agricultural Meteorology CagM. Report, N 23. - Geneva, WMO. 1984. – 131 p.
41. Munn R.E. Descriptive micrometeorology. – Academic Press, New York and London. 1966. – 245 p.
42. Obrebska- Starkova B. Detaillierte Karticrung der mezo u microclimatischen Verhaltnisse in Mittelgebirgen. – Zesl. Nauk. V.U. Prase geogr. 1971, Bd. 224. - S. 309-316.