

УДК: 551. 58:631

М.Б. Барабаш, Н.П. Гребенюк, О.Г. Татарчук

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ РЕСУРСІВ ТЕПЛА ТА ВОЛОГИ В УКРАЇНІ ПРИ СУЧАСНОМУ ПОТЕПЛІННІ КЛІМАТУ**

Досліджено проблему впливу зміни клімату на ресурси тепла та вологи в Україні (сума активної температури та кількість опадів). Вивчено просторову-часову динаміку ресурсів тепла та вологи за період активної вегетації, що зазнали змін за останні роки.

### **Вступ**

З потеплінням глобального клімату в усьому світі загострюється продовольча та екологічна проблеми. Тому для прийняття рішень щодо адаптації сільськогосподарського виробництва до нових умов необхідне постійне спостереження за кліматом. Адже від коливань погоди та змін клімату істотно залежить діяльність всіх ланок сільськогосподарської галузі. Академік М.І. Вавилов писав: "Кліматичні фактори в нашій державі є визначальними в проблемі врожайності. Вони сильніші за економіку, сильніші за техніку" [1].

### **Актуальність досліджень**

Сучасний стан режиму тепла та вологи і особливо прогнозування тенденцій їх змін на майбутнє є досить актуальними проблемами. Відомо, що з потеплінням клімату в широтах, де розміщена Україна, може відбутися зміна режиму зволоження.

Існують різні точки зору на аридизацію клімату України. Початком дослідження змін ресурсів тепла та вологи можуть бути дані з сум активних температур та кількості опадів за період активної вегетації сільськогосподарських культур.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Існує достатньо робіт [2-5], присвячених характеристиці змін клімату, які розглядають лише дані з температури повітря і, значно рідше, дані з режиму зволоження у просторі і часі. Але в цих роботах наведена інформація до 1990 або до 2000 років. І зовсім відсутні дані з тепло- та вологозабезпечення в період активної вегетації до 2005 року.

**Мета роботи** – вивчити динаміку та виявити тенденції зміни основних показників тепла та вологи (суми активної температури і кількості опадів за період активної вегетації) за окремі п'ятиріччя 1951-2005 рр. із урахуванням сучасного потепління клімату.

**Методика досліджень.** Статистичні методи досліджень та метод картографування. У роботі було використано дані з температури повітря та кількості опадів довгоярих станцій України, що входять до мережі ВМО за період 1951-2005 рр. Досліджувані станції розміщені у різних природних зонах.

Середня багаторічна дата стійкого переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ , що розрахована за період 1951-1985 рр., і характеризує сучасні зміни клімату для окремих станцій, була використана з довідника [6].

Для аналізу динаміки кліматичних ресурсів та виявлення тенденцій їх змін був використаний метод побудови трендів.

### **Виклад матеріалу досліджень**

Дослідження основних кліматичних факторів тепла та вологи, які впливають на розвиток рослин, проводилися в періоди активної вегетації. Період активної вегетації – це частина року (період між датами переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні та восени), коли відбувається найінтенсивніший ріст і розвиток рослин. Найперше він починається на Закарпатській низовині (11-12 квітня) та в Криму. Протягом двох тижнів вегетаційний період охоплює всю Україну. Закінчення періоду активної вегетації відбувається з 29 вересня у Східному Лісостепу до 21 жовтня у Криму і триває довше, ніж його початок [3]. Це пов'язано із поступовим випромінюванням в атмосферу з прогрітої підстильної поверхні тепла, що накопичилося влітку.

*Теплозабезпечення.* Відомо, що температура повітря та ґрунту, як показники ресурсів тепла, визначають життєві процеси, що відбуваються у рослинах. Інтенсивність росту та розвитку рослин, можливість досягання та рівень урожайності забезпечує сума активної температури, розрахована за період активної вегетації. Розрахунок суми активної температури за період вегетації проведено шляхом множення середньої місячної температури повітря на кількість днів певного місяця, а сума температури за неповні місяці розраховувалася шляхом множення середньої місячної температури відрізка часу від дати переходу до кінця

місяця (навесні) або від початку місяця до дати переходу (восени) на число днів, що знаходяться у цьому відрізку часу. Суму активної температури отримано після складання відповідних сум за окремі місяці.

Дослідженнями показано, що за період 1951-2005 рр. сума активної температури змінювалася по території. Її значення зростали з півночі на південь. Так, у Чернігові сума активних температур складала  $2571^{\circ}\text{C}$ , а у Асканії Новій –  $3252^{\circ}\text{C}$ .

Для вивчення динаміки просторово-часового розподілу суми активної температури було побудовано діаграми за окремі п'ятиріччя (рис. 1). Проведення подібного аналізу за допомогою діаграм дозволило оцінити суттєвість суми активної температури у кожній окремій п'ятирічці. Найбільші величини активних температур спостерігалися у першому п'ятиріччі ХХІ ст. Найменші – у 1976-1980 рр. на всій території країни.

На півночі характер розподілу суми активної температури від п'ятиріччя до п'ятиріччя (Чернігів) досить рівномірний. Найбільші її величини спостерігалися на початку та в кінці розглянутого періоду ( $2700^{\circ}\text{C}$ ) зі значним зниженням цих величин у 1976-1980 роках (до  $2400^{\circ}\text{C}$ ). В решті п'ятиріч активна температура коливалася від  $2500$  до  $2600^{\circ}\text{C}$ . У Сумах розподіл суми активної температури відбувався не рівномірно. Два останні п'ятиріччя ХХ ст. вирізнялися деяким зменшенням суми активної температури порівняно з 1981-1985 рр. ( $2591^{\circ}\text{C}$ ) та різким ростом ( $2700^{\circ}\text{C}$ ) у 2001-2005 рр.

У центральних областях України (Кіровоград, Полтава) сума активної температури набула найбільших своїх значень на початку (1951-1955 рр.) та у кінці розглянутого періоду (2001-2005 рр.), найменших – у період 1976-1980 рр.

На заході (Луцьк, Тернопіль, Ужгород) спостерігалось різке зростання кількості тепла саме у 2001-2005 рр., особливо у Луцьку сума активної температури досягала  $2650^{\circ}\text{C}$  та Ужгороді –  $3200^{\circ}\text{C}$ .

На сході країни (Луганськ) була інша картина. На початку розглянутого періоду (1951-1955 рр.) сума активної температури досягала  $3250^{\circ}\text{C}$ , найменших значень – у 1976-1980, 1986-1990, 1991-1995 рр., а в останнє п'ятиріччя кількість тепла зросла до  $3168^{\circ}\text{C}$ , але його величина менша, ніж на початку розглянутого періоду.

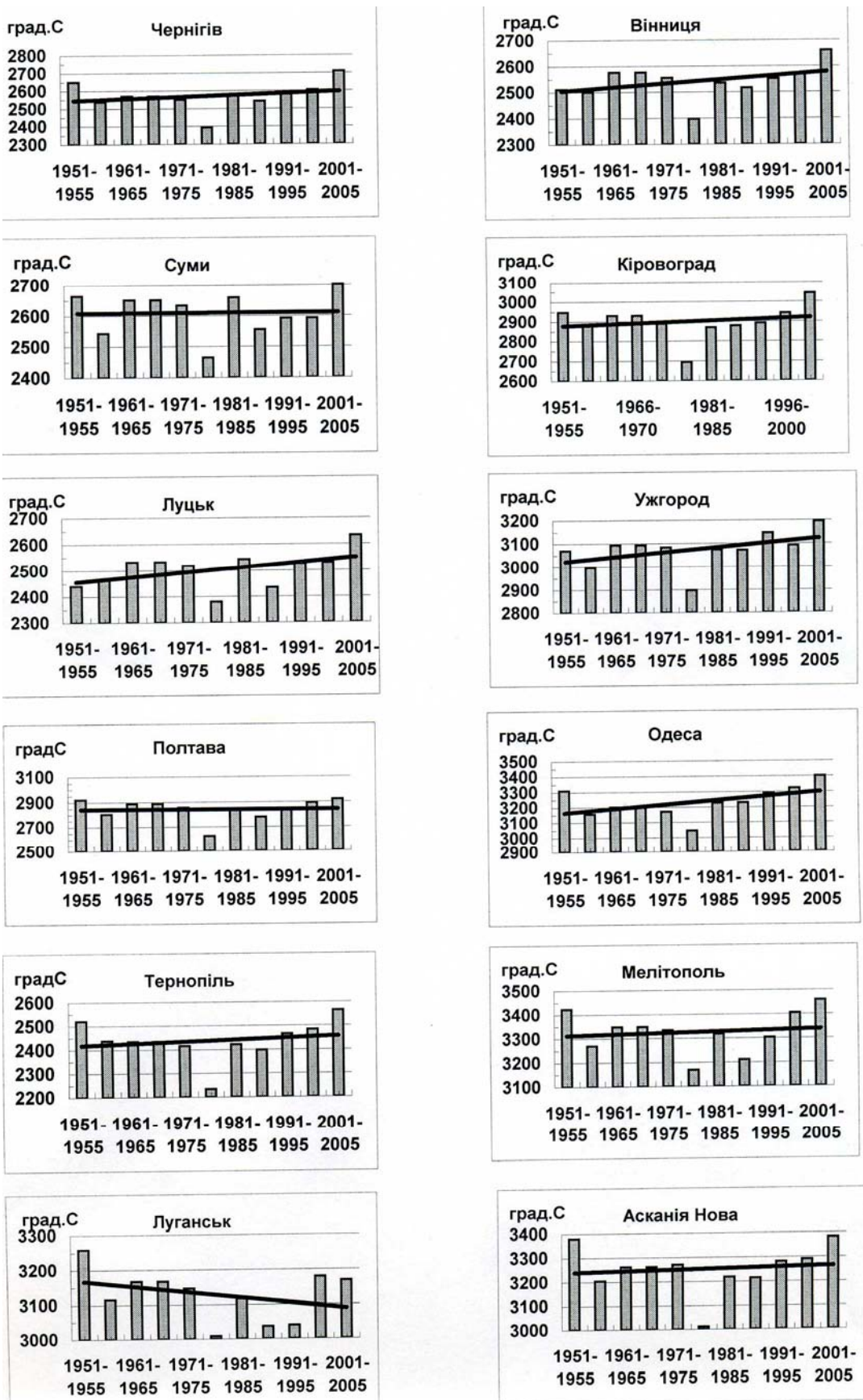


Рис. 1. Сума активної температури ( $^{\circ}\text{C}$ ) за період активної вегетації (з температурою повітря  $10^{\circ}\text{C}$  та вище) в окремі п'ятиріччя

У південних областях за величиною активних температур виділено два п'ятиріччя (1951-1955 рр. та 2001-2005 рр.) у Мелітополі та Асканії Новій. Зниження суми активної температури спостерігалось у 1976-1980рр., особливо в Асканії Новій (3020°C). В Одесі сума активної температури досягала найбільших значень (3340°C) у 1951-1955 рр.

Для визначення певних тенденцій змін суми активної температури було використано лінійний тренд. Найбільший позитивний тренд суми активної температури спостережено на заході (Ужгород, Луцьк, Вінниця), найбільший від'ємний тренд – на сході (Луганськ) та півдні (Одеса). На решті території відмічалися незначні зміни.

Практичний інтерес для ведення господарської діяльності та особливо для обґрунтування сучасних змін у природному середовищі мають дослідження зміни суми активної температури повітря на початку ХХІ ст.

Результати показали, що кількість тепла повсюдно збільшується. У табл. 1 представлено суму активної температури у 2001-2005 рр. порівняно з нормою, тобто із сумою активної температури за період 1961-1990 рр. Простежується однорідний розподіл тепла по території країни з тенденцією до збільшення.

Таблиця 1

Зміни суми активної температури (°C) (з температурою повітря 10° C та вище) за період 2001-2005 рр. відносно норми (1961-1990 рр.)

Станція	2001-2005 рр.	1961-1990 рр.	Відхилення від норми
Чернігів	2708	2537	171
Суми	2701	2605	96
Луцьк	2633	2476	157
Полтава	2919	2802	117
Тернопіль	2563	2390	173
Луганськ	3168	3067	101
Вінниця	2659	2500	159
Кіровоград	3043	2880	163
Ужгород	3194	3047	147
Одеса	3401	3214	187
Мелітополь	3457	3303	154
Асканія Нова	3382	3228	154

Відхилення від норми коливаються від 96°C у Сумах до 187°C в Одесі. На сході та північному сході країни підвищення суми активної температури дещо менше порівняно з рештою території.

Характерною особливістю першого п'ятиріччя XXI ст. є деформація ізотерм поля сум активних температур зонального напрямку у меридіональний, за винятком півдня країни.

На рис. 2 представлено зміни сум активної температури повітря (температура повітря 10°C та вище) у відхиленнях від норми, з якого видно, що на більшій частині території країни кількість тепла зросла приблизно на 150°C.

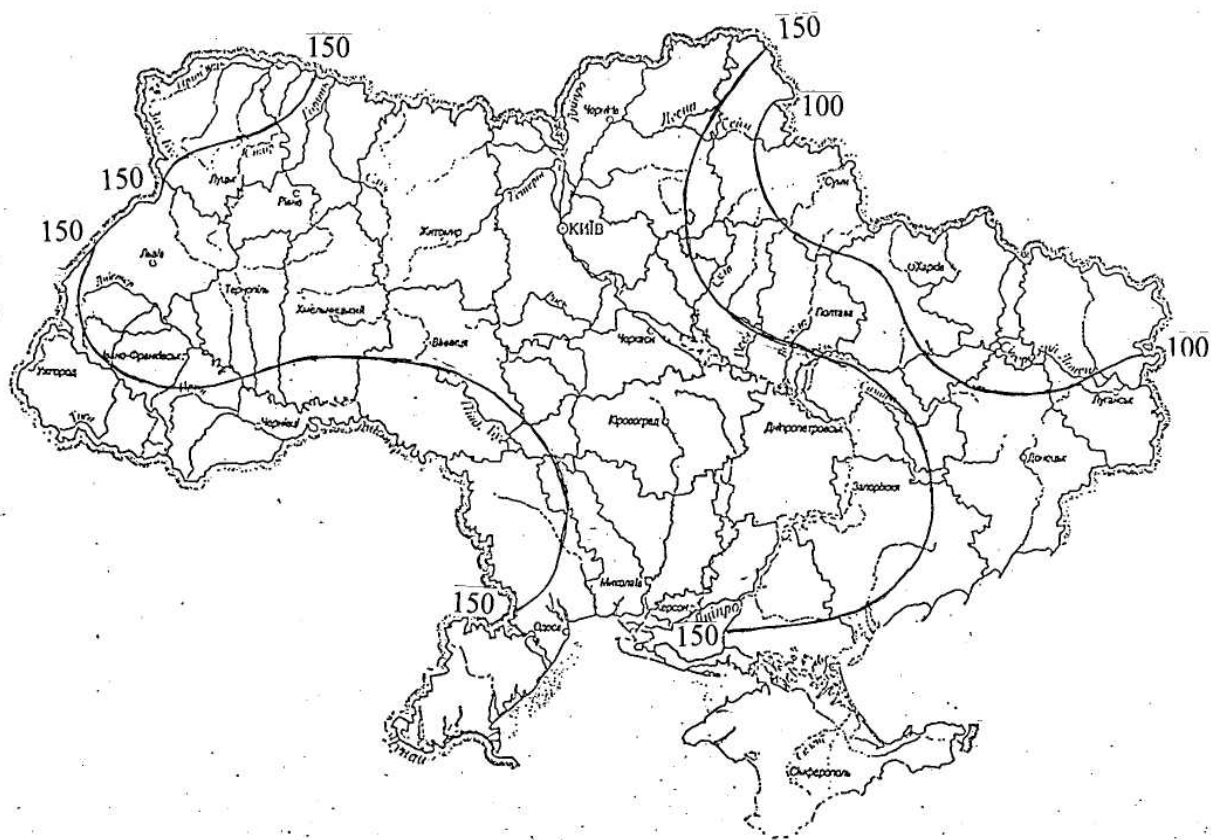


Рис. 2. Відхилення від норми суми активної температури повітря (°C) за період 2001-2005 рр.

При сучасних змінах клімату та збільшенні суми активної температури більше ніж на 100°C виникає необхідність у виведенні нових тепло- та засуховитривалих видів рослин, а надалі – у переході до вирощування інших культур.

При подальшому зростанні температури повітря в окремих районах країни виникає необхідність у розробці нових форм землеробства.

У результаті проведеної роботи виявлено, що зміни клімату носять подвійний характер: потепління у північних районах дозволить суттєво змінити види культур з перевагою до теплолюбних, але збільшення посушливості у центральних районах буде мати для сільського господарства негативне значення, тому що волога є одним із основних факторів життя рослин.

*Вологозабезпечення.* Вирішення проблеми вологозабезпечення рослин – завдання винятково важливе. Сьогодні неможливо дати певної відповіді на питання про найбільш ефективні критерії вологозабезпечення. Все ще досить часто, особливо на практиці, як показник забезпеченості вологою використовують кількість опадів, які випали, виражених у міліметрах.

Ресурси вологи дуже мінливі як по території, так і в часі. Як відомо, деякі географічні регіони України знаходяться у зоні недостатнього зволоження (аридна зона), інші – у зоні надмірного зволоження (гумідна зона). Тому всебічне вивчення ресурсів вологи і правильне їх урахування та використання для сільськогосподарського виробництва має важливе значення.

Попередні дослідження режиму опадів [4-5] показали, що глобальне потепління до 2000 року є надзвичайно сприятливим для економіки країни, тому що привело до вирівнювання поля річної кількості опадів на Україні. У південно-східних регіонах держави річна кількість опадів збільшилася на 10-20%, а у північних та західних регіонах знизилася на 5-15% або знаходилася у межах норми. З літературних джерел [4] видно, що кількість опадів за вегетаційний період наприкінці століття збільшилась у центральному і східному Лісостепу, на Причорноморській низовині та в Криму. Зменшення їх відмічалось на Закарпатській низовині та в Передкарпатті.

У даній роботі було розраховано кількість опадів за період активної вегетації від п'ятиріччя до п'ятиріччя за 1951-2005 рр. Для виявлення часової динаміки побудовано діаграми (рис. 3). Проаналізувавши їх, слід відзначити, що на півночі держави (Чернігів, Суми) кількість опадів за період активної вегетації від п'ятиріччя до п'ятиріччя змінювалася у межах 249-371 мм. Найбільша їх кількість у Чернігові спостерігалася у 1986-1990 рр., у Сумах – в 1976-1980 рр. На північному заході країни (Луцьк, Рівне) як мінімум, так і максимум кількості опадів за період активної вегетації трохи зростав від 259 до 395 мм.



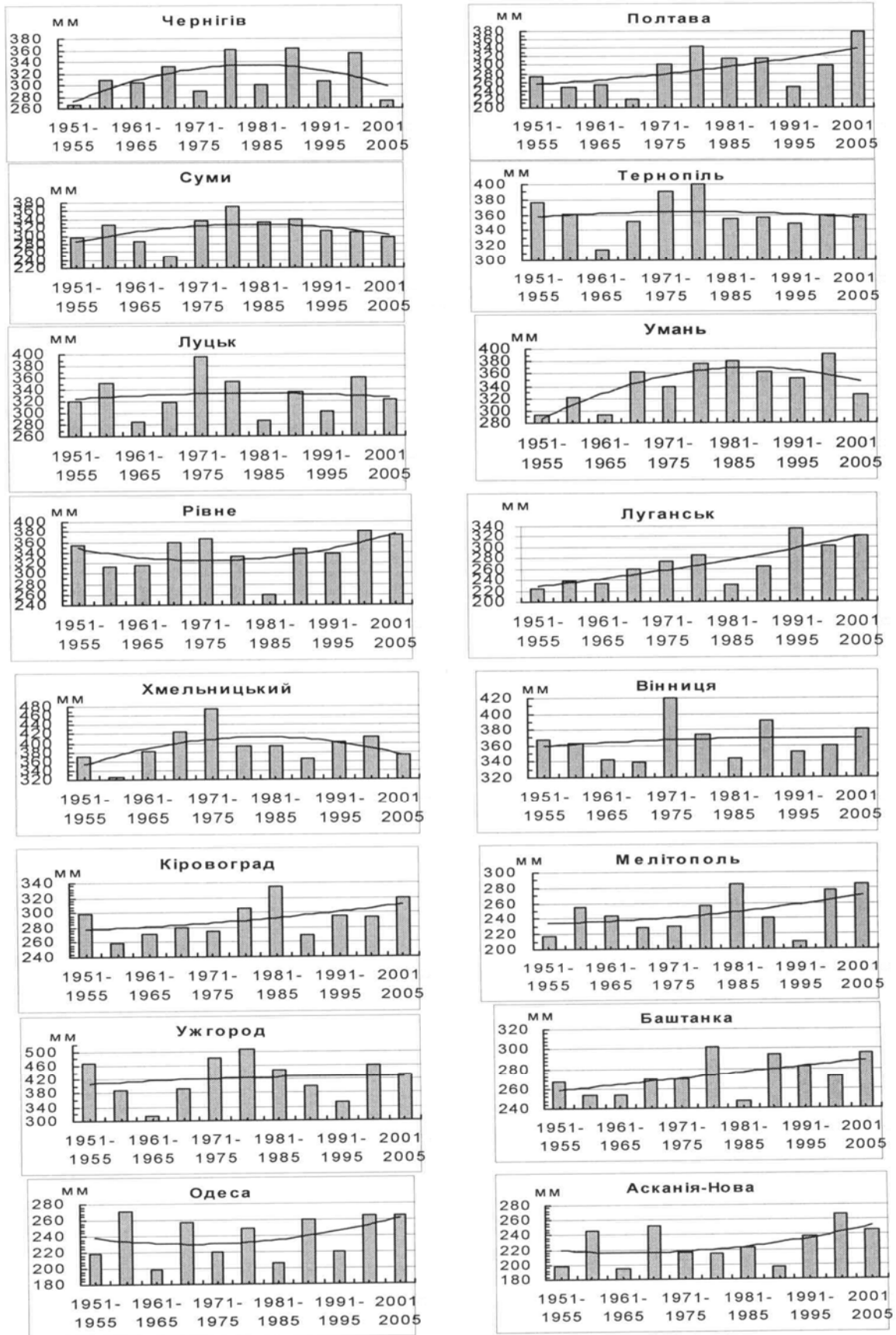


Рис. 3. Кількість опадів (мм) за період активної вегетації в окремі п'ятиріччя (1951-2005 рр.)



У Луцьку найбільша кількість опадів спостерігалася у 1971-1975 рр., у Рівному – у 1996-2000 рр. Розподіл опадів більш рівномірно відбувався у Рівному.

На крайньому заході (Ужгород) було найбільше опадів (507 мм) у 1976-1980 рр., найменше – у 1961-1965 рр. П'ятиріччя 1951-1955, 1971-1975, 1976-1980, 1981-1985, 1996-2000, 2001-2005 рр. були надмірно зволоженими.

У Тернополі, Хмельницькому, Вінниці кількість опадів за розглянутий період дещо зменшилася у порівнянні з крайнім заходом (Ужгород). У Хмельницькому вони змінювалися від 478 мм у 1971-1975 рр. до 325 мм у 1956-1960 рр. В інші п'ятиріччя опади змінювалися у межах 380-420 мм. У Тернополі опади від п'ятиріччя до п'ятиріччя були більш рівномірними. Найменша їх кількість (314 мм) зафіксована у 1961-1965 рр., найбільша (400 мм) – у 1976-1980 рр. В останні п'ятиріччя опади змінювалися у межах 340-360 мм. У Вінниці опади розподілялися дуже нерівномірно і варіювали від 339 мм (1966-1970 рр.) до 420 мм (1971-1975 рр.). В Умані середня кількість опадів за період 1951-2005 рр. складала 350 мм. Від п'ятиріччя до п'ятиріччя кількість опадів змінювалася у межах від 294 мм (1951-1955, 1961-1965 рр.) до 392 мм (1996-2000 рр.). На станціях центральної України (Полтава і Кіровоград) середня кількість опадів за період активної вегетації складала 291 мм. У Полтаві в останньому п'ятиріччі (2001-2005 рр.) відмічено їх найбільшу кількість – 378 мм. У Кіровограді їх теж було достатньо (320 мм).

На крайньому сході країни (Луганськ) останні три п'ятиріччя відзначалися чималою кількістю опадів. Найбільша їх кількість була у 1991-1995 рр. (335 мм).

На станціях південного і південно-східного регіонів середня кількість опадів за період активної вегетації змінювалася у межах 200-270 мм. В останні два п'ятиріччя на станціях цього регіону (Одеса, Мелітополь, Баштанка, Асканія-Нова) середня кількість опадів була трохи вищою за попередні п'ятиріччя.

Таким чином, у 1951-2005 рр. зміни середньої кількості опадів за період активної вегетації мали складний і неоднорідний характер. Не можливо однозначно виділити по всій території станції, щоб усі п'ятиріччя були з надмірним або з недостатнім зволоженням. Наприклад, п'ятиріччя 1971-1975 рр. у Луцьку, Хмельницькому, Тернополі, Вінниці вважалося надмірно зволеним, на всіх інших станціях опади були

різними. Така ж ситуація на інших станціях в інші п'ятиріччя. З рис. 3 видно, що спостерігається тенденція до зростання кількості опадів (за трендом) на всіх розглянутих станціях. І лише у Луцьку та Тернополі кількість опадів не змінилася. Значно зросла лінія тренду у Полтаві, Луганську, Кіровограді, Одесі, Мелітополі, Баштанці, Асканії-Новій. Це підтверджує і суттєве зростання там кількості опадів в останні п'ятиріччя.

Було проведено розрахунки і побудовано карту кількості опадів за період активної вегетації за стандартний кліматологічний період 1961-1990 рр. (рис. 4). За допомогою картографування добре видно, що середня кількість опадів зменшується від 420 мм у західних районах України (Закарпаття) до 220 мм у Степовій зоні. Така незначна кількість опадів у Степовій зоні за період активної вегетації не задовольняла потреби рослин у волозі, тому у цих районах найчастіше спостерігалися атмосферна і ґрунтова посухи.

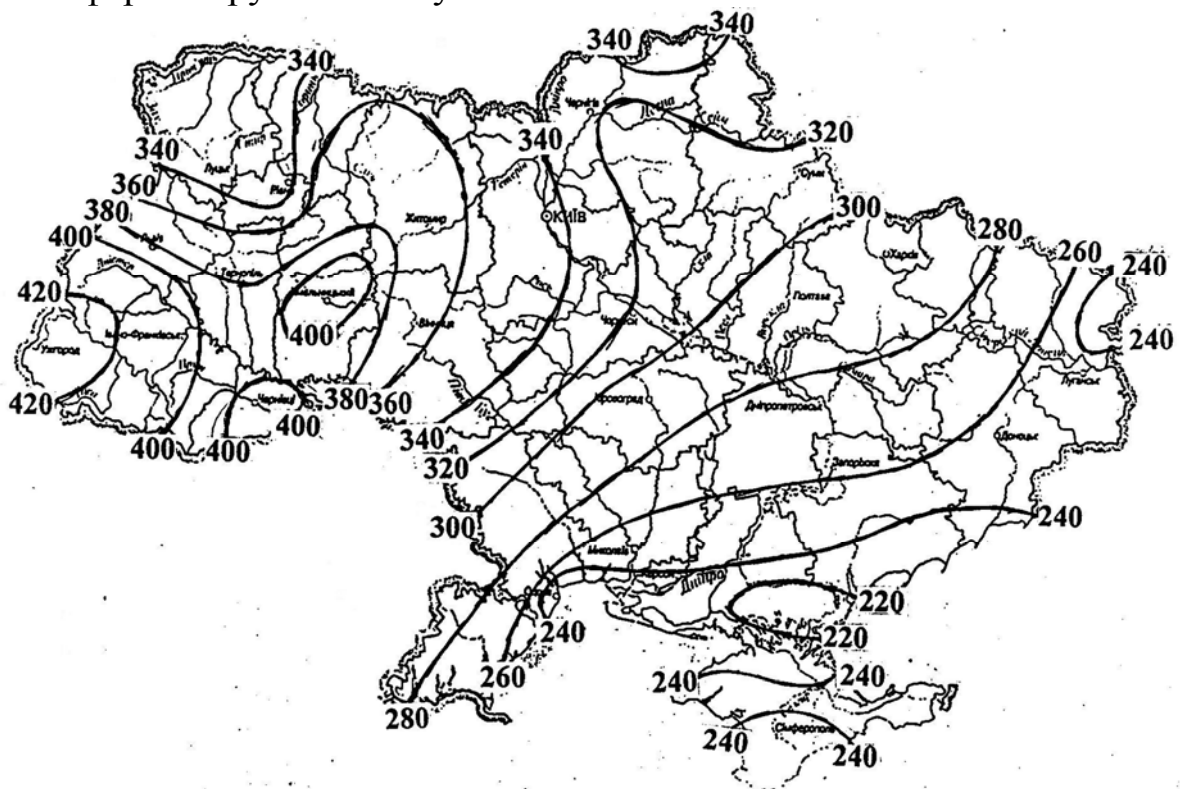


Рис. 4. Кількість опадів (мм) за період активної вегетації (з температурою повітря 10°C та вище) у 1961-1990 рр.

Щоб показати, як змінився режим зволоження за період активної вегетації у першому п'ятиріччі XXI ст., було побудовано карту кількості опадів за 2001-2005 рр. у відсотках від середніх багаторічних значень 1961-1990 рр. (рис. 5).

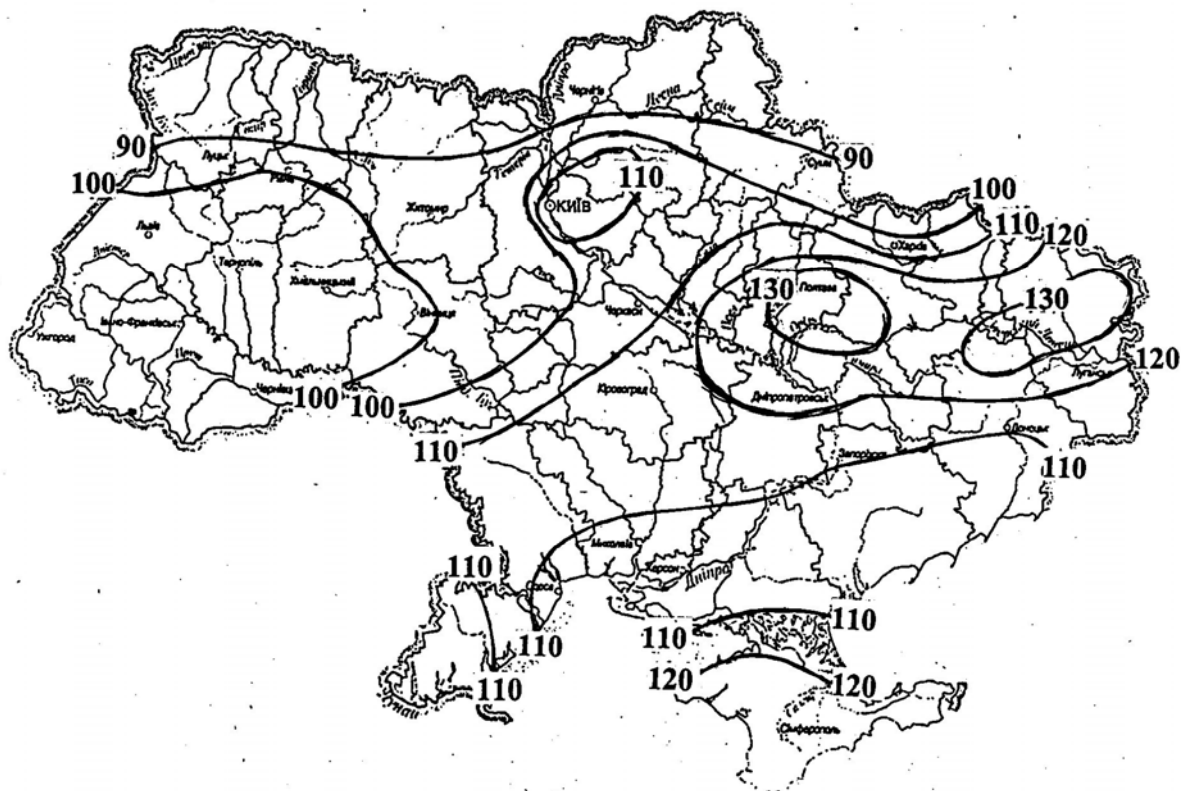


Рис. 5. Зміни кількості опадів (%) за період активної вегетації у 2001-2005рр. відносно норми (1961-1990 рр.)

З рисунка видно, що на півночі кількість опадів складала 84-91% від норми. У західних областях кількість опадів змінювалася у межах 92-104%. У центральних районах Правобережжя кількість опадів була у межах середніх багаторічних значень. Суттєво зросла кількість опадів (130% від норми) за період активної вегетації у Лівобережно-Дніпровському Лісостепу та Лівобережно-Дніпровському й Північному Степу. У Середньому та Південному Степу кількість опадів знаходилася у межах 110-120% від норми.

Таким чином, співставлення даних за 1961-1990 рр. і 2001-2005 рр. методом картографування надало можливість виявити особливості зміни кількості опадів за період активної вегетації у першому п'ятиріччі XXI ст. як у просторі, так і в часі.

## Висновки

1. Результати досліджень показали, що сума активної температури від п'ятиріччя до п'ятиріччя за 1951-2005 рр. змінювалася не однозначно. Найнижча сума активної температури в межах всієї країни спостерігалася у 1976-1980 рр., а найвища – в останнє п'ятиріччя (2001-2005 рр.).

У зв'язку з потеплінням глобального та регіонального клімату на більшій частині території України, за винятком східних районів (Луганськ), відмічалось незначне підвищення суми активної температури. За період 1951-2005 рр. відсутній статистично значимий тренд суми активної температури. Це пояснюється зміщенням дат переходу через 10°C та значним зниженням температури у 1976-1980 рр.

2. Якщо розглянути суми активної температури в період максимального глобального потепління (1976-2005 рр), то можна відмітити їх значне підвищення на всій території країни. Тому ізолінії сум активної температури за період 2001-2005 рр. на рис. 2 мають меридіональний напрямок. Різниця суми активної температури в перше п'ятиріччя XXI ст. та кліматичної норми склала по території від 96 (у Сумах) до 187° С (в Одесі). Аналіз змін суми активної температури за другу половину XX ст. та перше п'ятиріччя XXI ст. вказує на намічену тенденцію до потепління в межах вегетаційного періоду у майбутньому в умовах прогнозованого потепління глобального клімату.

3. Аналіз динаміки кількості опадів за період активної вегетації в окремі п'ятиріччя показав, що практично на всіх розглянутих станціях спостерігалася тенденція до зростання (за трендом), за винятком станцій західного регіону.

Попередні дослідження свідчать про те, що найчастіше позитивні аномалії температури поєднувалися з від'ємними аномаліями опадів. Але на межі двох століть закономірність суттєво змінилася. Збільшення суми активної температури в центральному та південно-східному регіоні досить часто супроводжувалося збільшенням кількості опадів. Це є позитивним явищем для зернового господарства України. Але деякі прогнози клімату застерігають, що ситуація може змінитися. Подальше підвищення температури в умовах зменшення опадів або збереження їх у тому ж обсязі може призвести до їх швидкого випаровування і виникнення негативних умов.

4. Виявлені тенденції у змінах тепло- та вологозабезпечення в умовах глобального потепління слід враховувати при адаптації сільськогосподарського виробництва України до ринкових відносин. При сучасних змінах клімату та збільшенні суми активної температури більше ніж на 100°C виникає необхідність у перерозподілі тепло- та засуховитривалих видів рослин, а надалі – в переході до вирощування інших культур у певних районах країни.

\* \*

*Исследована проблема влияния изменения климата на ресурсы тепла и влаги в Украине (сумма активной температуры и количества осадков). Изучена пространственно-временная динамика ресурсов тепла и влаги за период активной вегетации, которая претерпела изменения в последние годы.*

\* \*

1. *Синицына Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А.* Агрометеорология. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 344 с.
2. *Гребенюк Н.П., Корж Т.В., Яценко О.О.* Нове про зміни глобального та регіонального клімату в Україні на початку ХХІ ст. // Водне господарство України. – 2002. – № 5-6. – С. 34.
3. *Израэль Ю.А., Груза В.Г., Катцов В.М., Мелешко В.П.* Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология, 2001. – № 5. – С. 5-21.
4. Клімат України // За ред. *В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко.* – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 344 с.
5. *Барабаш М.Б., Корж Т.В., Татарчук О.Г.* Дослідження змін та коливань опадів на рубежі ХХ і ХХІ ст. в умовах потепління глобального клімату // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2004. – Вип. 253. – С. 92-102.
6. Агрокліматичні ресурси // Довідник з агрокліматичних ресурсів України. — К. – 1995. – Т. 1. – С. 64.

*Український науково-дослідний  
гідрометеорологічний інститут, Київ*