

Розділ 4

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН КЛІМАТУ В УКРАЇНІ НА КІНЕЦЬ ХХ–ПОЧАТОК ХХІ СТ. ЗА НАЗЕМНИМИ ТА СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ

Головною метою даного розділу є висвітлення в доступному вигляді результатів досліджень із проблеми сучасних і майбутніх змін клімату України з використанням супутникової інформації разом з наземними метеорологічними даними.

Досягнення мети передбачає розв'язання таких завдань:

- описати антропогенні причини змін клімату;
- оцінити зміни клімату в Україні на кінець ХХ ст.–початок ХХІ ст. (температура повітря, опади, стихійні явища);
- виявити можливість використання супутникової інформації разом з наземними метеорологічними даними для дослідження сучасної зміни клімату в Україні;
- побудувати й науково обґрунтувати емпірико-статистичний сценарій клімату майбутнього України (до 2030 р.) на основі дослідження закономірностей багаторічної динаміки температури з урахуванням глобальної антропогенно зумовленої зміни клімат;
- дати оцінку можливих наслідків змін клімату (на прикладі виявлення змін в екосистемах, дослідження посух).

Сучасне поняття клімату — це характерний для певної території багаторічний режим погоди, зумовлений сонячною радіацією, її перетворенням у діяльному шарі земної поверхні та пов'язаною з нею циркуляцією атмосфери й океанів. Це поняття ґрунтується на генетичних принципах і стосується клімату певних регіонів (регіональний клімат). Щодо клімату Землі, то в середині ХХ ст. виникло нове поняття — глобальний клімат. Відповідно глобальний клімат визначається сукупністю факторів (природних та антропогенних), які діють на всій земній кулі.

Клімат на даний час розглядається як особливо важливий природний ресурс. Він приносить ко-

ристь країнам і народам там, де він сприятливий, і збитки там, де він несприятливий. Зміна клімату, що відбулася, проявляється у вигляді потепління і, можливо, в майбутньому посилиться, може призвести до перерозподілу цього важливого природного ресурсу серед різних країн і народів.

На глобальному і регіональному рівнях зміна клімату у з початку ХХІ ст. стала незаперечним фактом, який поставив перед світовими державами, у тому числі Україною, низку надзвичайно важливих і складних завдань, пов'язаних із розробленням стратегії забезпечення свого сталого розвитку та успішного виживання в умовах зміни клімату на Землі.

Зміна глобального клімату є сукупність його змін у різних регіонах часових і просторових масштабах. В деяких країнах в останні роки значно почастишали стихійні явища руйнівної сили, які за своєю інтенсивністю більші за ті, що раніше спостерігалися. Технічний прогрес не зменшив втрати від стихійних явищ в останні декілька десятиріч, а, навпаки, втрати від кліматичних екстремумів збільшилися. Саме регіональні зміни, що супроводжуються екстремальними явищами, мають найбільш істотний вплив на економічне і соціальне життя суспільства. В перше десятиріччя ХХІ ст. у зв'язку зі збільшенням погодних та кліматичних аномалій — злив, смерчів, шквалів, повеней, посух, надмірно спекотних погод, весняних приморозків, снігопадів — відмічається занепокоєння ростом температури повітря в глобальному масштабі. Поки що суспільство не може розробити такі дії, які припинять цей процес. Але, щоб скоротити втрати, потрібно негайно пристосуватися до нових кліматичних умов, зрозуміти причини коливань клімату та особливо вміти передбачити майбутню зміну клімату. Хоча до цих пір не існує однозначної відповіді про можливі механізми і процеси, які формують цей глобальний феномен.

Клімат зазнавав зміни протягом усієї історії Землі. Зміна клімату мала різні часові масштаби — від 10^1 до 10^8 років. Останній масштаб відповідає минулим льодовиковим періодам, а перший — сучасним коливанням клімату [76]. Особливо добре простежувались коливання клімату за період, який складає декілька сотень років. В нашій країні він за інструментальним виміром охоплює тільки 113 років. В геологічному масштабі, де мова йде про тисячоліття, на Землі дійсно відбувається похолодання клімату, але з дуже малою швидкістю. Якщо ж розглядати клімат за менший відрізок часу — останні 100 років, то йде потепління, швидкість якого майже в 200 раз більша швидкості похолодання. Аномально висока температура на планеті спостерігається в останні 10–15 років.

Малоймовірно, що глобальна зміна клімату за останні 50 років XX ст. та перші роки XXI ст. могла бути викликана тільки природною мінливістю, такого підвищення температури повітря не спостерігалось останні тисячу років. Більшість дослідників пояснюють явище різкої зміни клімату зростаючим впливом інтенсифікації світового промислового виробництва в роки XXI ст., яке супроводжується суттєвим збільшенням так званих ПГ, які відбивають довгохвильове випромінювання нашої планети, сприяючи у такий спосіб нагріванню повітря.

Як повідомляє газета “Світ” (№ 11–12, березень 2015 р.) академік НАН України Ярослав Яцків розповів про космічний проєкт “Аерозоль-UA”, що реалізують спільно фахівці головної астрономічної обсерваторії НАН та КБ “Південне”. Адже досі відсутня надійна кількісна модель кліматичних змін. Причому якщо CO_2 зумовлює тренд до глобального потепління, то наявні різного походження атмосферні аерозолі (викликані різними антропогенними забрудненнями, виверженням вулканів тощо) навпаки — призводить до охолодження. Тож щоб прогнозувати кліматичні зміни, потрібно моніторити не лише CO_2 , але і тропосферний аерозоль. Спосіб цього і пропонують сьогодні українські вчені.

Залежність ряду галузей господарської діяльності і цілих держав від нестаціонарних кліматичних умов абсолютно не знижується, а росте разом з підвищенням виробництва. Практично вся господарська діяльність і щоденне життя людей, життя тваринного і рослинного світу пов'язані з погодними і кліматичними умовами. Вони можуть бути сприятливими, і, навпаки, створювати значні складності для життя людини.

Помітний вплив господарської діяльності людини тепер розповсюджується і на інші характеристики клімату, включаючи середню температуру на континентах, атмосферну циркуляцію і деякі види екстремальних явищ. Сучасна політика усіх країн недостатньо ефективна, аби залишитися довіллю в межах підвищення температури повітря на 0.1 – 0.2°C за десятиріччя [109]. Як свідчать дослідження

[74, 110], рівень викидів вуглекислого газу у світі сягнув нового піку, жодна країна повною мірою не стала на шлях попередження глобальних змін клімату. Цілком ймовірно розходження думок, які залежать від багатьох факторів, в тому числі кон'юнктурного походження. Наприклад, небажанням представників деяких держав визнати вплив їх промислового та сільськогосподарського потенціалу на збільшення викидів ПГ в атмосферу і, як наслідок, продовження потепління клімату, що активізується.

Питання про зміну клімату привертало увагу багатьох дослідників. Праці перших дослідників [77] присвячені головним чином збиранню і вивченню емпіричних даних про кліматичні умови різних епох. Менше результатів було отримано при вивченню причин змін клімату, хоча над цим давно працювали спеціалісти у цій області. Вагомий внесок у дослідження зміни клімату зробив М. І. Будико [27–36] та учні його школи П. Я. Гройсман та К. Я. Вінніков [42, 43]. Однак через відсутність точної теорії клімату та нестачу необхідних для цієї проблеми матеріалів спеціальних спостережень при з'ясуванні причин зміни клімату виникли великі труднощі, які не подолані до нашого часу.

Щодо історії дослідження в Україні, то ця проблема існує вже кілька десятиріч. Першим на неї звернув увагу видатний метеоролог І. Є. Бучинський [39–41]. На початку 80-х XX ст. років під керівництвом доктора географічних наук, професора К. Т. Логвинова відновились дослідження з проблеми зміни клімату під впливом природних та антропогенних факторів регіонального та глобального масштабів, які, накладаючись один на одного підсилюють їхню дію. Він також розробив методичні підходи для прогнозування змін клімату [73]. Причини, що пояснюють зміни клімату, висвітлені в роботах В. Ф. Мартазінової та її учнів (О. К. Іванова, Д. Ю. Чайка, Т. О. Свердлик, В. А. Остапчук) [82–87], де досліджено зміни атмосферної циркуляції в Атлантико-Європейському регіоні, до якого за циркуляційними умовами відноситься й Україна. В основу цих досліджень покладено природний фактор, але антропогенний не заперечується.

Емпірико-статистичні дослідження з проблеми змін клімату на фоні глобального потепління проводили М. Б. Барабаш, М. І. Кульбіда, Н. П. Гребенюк [9, 12–19, 59, 61, 65, 66, 72], які протягом 25 років послідовно кожні 5 років здійснювали діагностичну оцінку змін клімату в Україні під впливом природних та антропогенних факторів.

М. Б. Барабаш та І. Ф. Трофимова на засадах методичних підходів К. Т. Логвинова дослідили структурний зв'язок між глобальною і регіональною температурою повітря. На основі визначених закономірностей у 1985 р. розроблено сценарій клімату до 2010 р. [21]. Подальше уточнення даного сценарію і прогноз з урахуванням наявних коливань клімату до 2030 р. викладено у роботах М. Б. Барабаш, М. І. Куль-

біди, Л. О. Єлістратової [11, 20, 62, 68]. Також дана тематика представлена в наукових працях учених В. І. Осадчого [92, 93], С. Г. Бойченко, В. М. Волощука [25, 44] та ін.

На сьогодні проблему зміни клімату досліджує велика кількість зарубіжних учених, серед яких М. Алєн, К. Андерсон, Р. Белінг, Р. Бетс, Ф. Джонс, Д. Кейз, Дж. Крісті, М. Меннінг, Дж. Мітчел, В. Попе, С. Солмон, І. Фунг, Г. Шельнхубер, Г. Шмідт, С. Шнайдер [110], В. Ф. Логінов [74–76, 98], В. П. Мелешко [88, 89] та ін.

Сучасна наука досягла значних успіхів у вивченні та математичному моделюванні клімату і процесів, які зумовлюють сучасне глобальне потепління клімату. В основі існуючих прогнозів лежить концепція антропогенного характеру глобального потепління, сценарії емісії джерел та стоків ПГ і ціла низка припущень, які закладені в основу розроблених сценаріїв. Висловлені в різних дослідженнях гіпотези про причини зміни клімату часто не підтверджені кількісними розрахунками або даними спостережень, а ті обґрунтування, які були представлені, викликають різні заперечення. При цьому досить важливим є дослідження кліматичної системи як фізичного об'єкта. Потрібно брати до уваги складність протікання в оболонках Землі процесів, неповноту відомостей про фізичні фактори, які визначають зміни в кліматичній системі, роблять принципово неможливий точний прогноз кліматичних змін. Існують великі невизначеності сценаріїв змін джерел та стоків ПГ. Вуглецевий цикл у кліматичних моделях або не включений, або враховується в загальному вигляді. Не досконало враховуються зворотні зв'язки в кліматичній системі. Виникають великі складності при врахуванні взаємодії атмосфери, гідросфери, кріосфери та біосфери, а також хмарового шару та аерозолів. Тому зараз не існує загальноприйнятої думки про причини зміни і коливання клімату. Між тим питання про механізми зміни клімату набуло великого практичного значення, оскільки у багатьох дослідженнях встановлено, що господарська діяльність людини має значний вплив на глобальні кліматичні умови, причому цей вплив швидко зростає в ХХІ ст. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки прогнозу зміни клімату, для того щоб запобігти небезпечним для людини змін природних умов.

Зміна клімату на території нашої держави проявляється досить інтенсивно, охоплює всю територію, а з початку ХХІ ст. випереджає ті прогнози, які давалися раніше (у 80-х роках минулого століття) вченими Українського науково-дослідного гідрометорологічного інституту (УкрНДГМІ) та фахівцями Гідрометцентру України [11, 20, 21, 61, 62, 68, 92].

Зусилля України у скороченні викидів ПГ та впровадженні кліматичної політики малопомітні. Через

це за Індексом протидії змінам клімату наша держава посіла 35-те місце [94]. Реальні спостереження на території України свідчать, що у нас щороку середня річна температура перевищує норму на відповідну кількість градусів. І за останні 20 років не було жодного випадку, коли вона була нижчою за норму. Це говорить про стрімку тенденцію до подальшого потепління. Мине 50 років, і якщо при збереженні нинішніх тенденцій зростання температури ні урядом, ні людьми нічого не буде зроблено для адаптації до кліматичних змін, то Україна матиме серйозні проблеми з продовольством. Адаптувати технології, адаптувати сорти, готувати людей до зміни клімату має бути загальнодержавним завданням. Перш за все вкрай необхідна розробка успішного прогнозу змін клімату України. У розгляді прогнозів, які містять деякі попередження про несприятливий розвиток подій, рішення потрібно приймати, не чекаючи поки настане цілковита ясність подій. Слід відмітити, що кінцева ясність взагалі може наступити занадто пізно.

Уже зараз стали частіше проявлятися на території України збільшення кількості небезпечних і стихійних метеорологічних явищ [6–9, 13, 22, 37, 48, 53, 54, 58, 59, 66, 72, 75, 90, 91, 93, 95, 97, 102–104]. Екстремальність погодних умов в Україні визначається різкими змінами температури повітря, які супроводжуються сильними зливовими опадами й штормовими вітрами, а також виникненням посух [10]. Щоб зрозуміти, наскільки погіршуються або покращуються кліматичні умови на території України, необхідно виявити поточні зміни клімату (діагностична оцінка), провести аналіз та порівняльні дослідження стану регіонального клімату, особливо між останніми десятиліттями ХХ та першими ХХІ ст. Виявлення сучасного стану клімату України дозволить поліпшити ефективність емпірико-статистичного прогнозу на найближчі роки (до 2025 р.) та попередити можливі небезпечні метеорологічні умови, які можуть порушити безпеку народногосподарської діяльності, або використати можливі позитивні наслідки потепління.

Отже, при будь-якій ситуації в країні (політичній, економічній) не можна не брати до уваги кліматичний фактор, який на сьогодні не є другорядним. Саме кліматичні умови можуть стимулювати, бути поштовхом до розвитку народного господарства, при врахуванні створення нових технологій вирощування (наприклад, вирощування південних культур, які просуваються на північ, зокрема, вирощування винограду, який до цього часу ріс на території Криму). Але не врахування кліматичних умов (ведення господарства старими методами) може, навпаки, гальмувати умови життєдіяльності людини в Україні. Не кожен регіон може бути самостійним, якщо у нього немає природних передумов до цього і він не пристосувався до нових кліматичних умов в Україні.

4.1. Особливості зміни глобального і регіонального (Україна) клімату у зв'язку з впливом антропогенного фактора

Протягом останніх років досліджуються причини як природних змін і коливань клімату, так і змін і коливань, пов'язаних із впливом антропогенного фактора на атмосферу. Всі фактори РВ на клімат (як природні, так і антропогенні) призводять або до його потепління, або до похолодання; причому просторовий масштаб вказаних впливів змінюється від глобального (збільшення концентрації ПГ, зміни надходження сонячної радіації в результаті зміни сонячної активності) до локального (антропогенні викиди аерозолі, тропосферний озон).

Як було вже сказано, господарська діяльність людини набула таких масштабів, що постає питання про ненавмисний вплив господарської діяльності на клімат.

Найбільш суттєвими факторами антропогенного впливу на клімат, пов'язаними в основному з розвитком енергетики, промисловості, сільського господарства та інших галузей, є такі:

- зміна газового складу атмосфери внаслідок викидів продуктів згорання органічного палива — радіаційно активних малих газових компонентів, таких як вуглекислий газ (CO_2), окис азоту (N_2O), метан (CH_4) і меншою мірою хлористі фторвуглеводні, гідрофторвуглеводні, перфторвуглеводні та інші сполуки;
- зміна аерозольного складу атмосфери внаслідок надходження в неї сажі продуктів згорання у вигляді сполу сірки та інших частин у результаті впливу на ґрунт та ін.;
- надходження в атмосферу або води суші та океану безпосередньо теплової енергії — теплових викидів (теплове забруднення атмосфери і гідросфери);
- зміни структури та властивостей підстильної поверхні в результаті розорювання великих масивів землі, знищення лісів, меліорації та ін. [62, 74].

Установлено, що з цих факторів антропогенного впливу на клімат основними є збільшення концентрації ПГ та збільшення викидів аерозолів в атмосферу.

Попередні дослідження показали, що зростання вмісту антропогенного аерозолі в атмосфері призводить до зниження припливу радіації. Просторово-часові особливості впливу концентрації аерозолі на клімат потребують додаткових теоретичних досліджень, а також проведення широкомасштабного і довгочасового моніторингу концентрації фізичних і хімічних властивостей аерозолі з допомогою технічних засобів, зокрема супутників.

Слід зазначити, що у представленому аналізі не враховано низку інших антропогенних факторів.

Головним завданням найближчого десятиріччя є проведення коректної інвентаризації джерел і стоків

ПГ всіма країнами світу, що дозволить уточнити оцінки РВ на клімат.

В цілому, РВ на клімат ПГ буде збільшуватись, причому внесок вуглекислого газу в цей вплив становить 50–70%, на частку кожного із ПГ припадає від декількох до 20%. Аерозолі природного і антропогенного походження послаблюють РВ від декількох десятків Вт м^2 до 1–1.5 Вт м^2 [74].

Прогноз зміни концентрації вулканічного аерозолі в атмосфері поки що неможливий, а вміст морського аерозолі й аерозолі пустель буде збільшуватися в результаті зміни клімату. Вміст антропогенного аерозолі в атмосфері буде знаходитися в тісній залежності від інтенсивності згорання органічного палива та ефективності зростання промислового аерозолі.

Експертами МГЕЗК у роботі [109] були зіставлені модельні і спостережувані зміни глобальної температури при врахуванні впливу: перше — таких природних факторів, як сонячна і вулканічна активність; друге — таких кліматоутворюючих антропогенних факторів, як ПГ і сульфатні аерозолі; і третє — сумісної дії природних і антропогенних факторів на температуру. У третьому випадку добре помітний збіг величин, які зіставлялися. Варто зазначити, що тільки впливом природних факторів (сонячна і вулканічна активність) не можна пояснити потепління другої половини ХХ ст., хоч певна відповідність спостережуваних і модельних температур простежувалась до 1950-х років. Використання в якості кліматоутворюючих факторів лише ПГ і сульфатних аерозолів не пояснює високі значення температури в 30-ті та 40-і роки ХХ ст. В цей період, як показують дані досліджень [76], прозорість атмосфери була високою, не було крупних вулканічних вивержень, а сонячна постійна в 1930-ті роки, за розрахунковими даними була в межах норми. Саме ці два фактори і зумовили високі значення температури в зазначений час.

Отже, антропогенний “сигнал” виділяється на фоні природної мінливості клімату, тобто мало ймовірно, що потепління відбувається тільки за рахунок внутрішньої мінливості клімату. Інформація про аргументи і факти на користь сучасного антропогенного потепління міститься в працях академіка В. Ф. Логінова [74], основні з яких такі:

1. Глобальне сучасне потепління клімату виявилось найпотужнішим за всю історію інструментальних спостережень.

2. Швидкість росту глобальної температури в останні 30 років виявилася найвищою за історію інструментальних спостережень. Хоча зростання температури поверхні Світового океану з 1910 по 1945 р. було наближене до сучасного і сягало близько 0.5°C .

3. Переважна кількість найбільших середньоріч-

них аномалій температури припадає на останні 30 років. Згідно з даними спостережень найтеплішими роками після 1860 р. були 1998, 2005, 2007, 2010 рр. З 1976 р. середня глобальна температура зросла майже в тричі швидше, ніж за останні 100 років.

4. Максимальний ріст температури відмічається в континентальних районах, що узгоджується з теорією парникового потепління клімату. На материках створюються більш сприятливі умови для засвоєння довгохвильової радіації у порівнянні з короткохвильовою. Тому потепління повинно бути більш інтенсивним в центрі материка, особливо взимку і вночі, коли послаблюється вертикальна конвекція. На океанах поглинання прямої сонячної радіації відбувається в поверхневому шарі води вдень, а довгохвильової — в поверхневій плівці, що стимулює ріст випаровування, а отже — зниження температури води поверхні океану.

5. Льодовитість Північно-Льодовитого океану і маса льодовиків сильно зменшилась за останні 20 років. У 2008 і 2009 рр. льодовитість Арктики збільшилась.

6. Модельні розрахунки показують, що при підвищенні вмісту ПГ в атмосфері вертикальні температурні профілі повинні змінюватися таким чином, що потепління має бути більш вираженим у нижній частині тропосфери; при цьому активізується вихолодження в стратосфері, що підтверджують експериментальні дані [69].

7. В останні 30 років відмічається інтенсивне зростання вмісту ПГ в атмосфері. Найбільш повні експериментальні дані і модельні оцінки, які представлені в доповідях МГЕЗК, свідчать, що ПГ є важливим фактором сучасного потепління клімату.

Однією із суперечностей в теорії зміни регіонального клімату України під впливом антропогенного фактора є те, що немає зв'язку потепління клімату в Україні безпосередньо з викидами ПГ на території держави. Зміна клімату в Україні має зв'язок з циркуляцією, яка діє в Атлантико-Європейському секторі. Додатні і від'ємні відхилення температури від "норми" обумовлені синоптичними процесами, характерними для Атлантико-Європейського типу циркуляції. Віковий розріз зміни і коливання атмосферної циркуляції в Атлантико-Європейському регіоні розглянуто у багатьох наукових працях В. Ф. Мартазінової [62, 86, 82–87]. В основу їх покладено фізико-статистичний метод дослідження фактичних полів атмосферного тиску на рівні моря від десятиріччя до десятиріччя протягом ХХ ст. та на початку ХХІ ст. у зоні помірних широт. Існує величезний архів даних з синоптичних полів атмосферної циркуляції для будь-якої доби за багаторічний період (понад 100 років). У межах кожного десятиріччя виявлено еталони синоптичних процесів на цій території, які й формують в основному клімат відповідного десятиріччя. Еталон синоптичних процесів останнього десятиріччя пов'язаний з великою областю високого тиску субтропічного походження над Європою. Досить вірогідне

підвищення температурного і посушливого режиму останніх десятиріч взимку і влітку на території Європи є результатом дії цього антициклону [62].

Можна вважати, що причина потепління останніх років в Україні полягає, поряд з природним фактором, у глобальному парниковому ефекті, в який наша країна також зробила свій внесок. Але реалізується глобальний антропогенний фактор через циркуляцію повітря. Що стосується регіонального антропогенного фактора в Україні, то він формується довготривалим веденням господарської діяльності на її території. Його вплив проявляється в масштабах мікроклімату — це вплив штучних водосховищ, меліорації. Найсуттєвіший вплив на клімат України має урбанізація. Згідно з оцінками [47], місто з населенням 1 млн. чоловік щодня виробляє 25 тис. т двоокису вуглецю. Викидів тепла і ПГ міста достатньо, щоб змінити місцеву циркуляцію. Але на рівні широкомасштабної циркуляції цей вплив не є суттєвий. Глобальний антропогенний фактор плюс регіональний антропогенний фактор значною мірою змінюють умови життєдіяльності людей [106].

Слід зазначити, що термінове і різке припинення викидів ПГ не зупинить повністю впливів, викликаних змінами клімату. Антропогенні зміни клімату будуть зберігатися протягом багатьох десятиліть, а можливо, і декількох століть, оскільки час життя ПГ становить багато десятків і навіть декілька сотень років [74, 76]. Кліматична система реагує на зміни рівня концентрації ПГ із запізненням, що частково пояснюється тепловою інерцією океанів. Минулі і теперішні викиди вже є передумовами, як мінімум, деяких кліматичних змін на Землі у ХХІ ст. Природні екосистеми і людство відчують на собі всі масштаби і темпи цих змін. Тому хоч боротьба з викидами має виняткове значення, її потрібно доповнювати роботою з питань адаптації, направленою на зниження до мінімуму нанесених збитків.

Одним з проявів нових стратегій соціального розвитку стали дії міжнародного співтовариства щодо пом'якшення антропогенного впливу на зміну клімату, створення нової міжнародної співпраці та нових інституцій для управління процесом такого співробітництва, зокрема кількісні зобов'язання по скороченню викидів ПГ для промислово розвинутих країн і країн з перехідною економікою [63, 110]. Слід зазначити, що перерозподіл квот Кіотського протоколу не зупинить зміну клімату, потрібно кардинально зменшити глобальні викиди парникових газів, оскільки кліматичній системі байдуже, в якій точці планети викинуті парникові гази.

Активна участь України в розробці проектів спільного впровадження, створення відповідної організаційної структури різних рівнів дозволить Україні не тільки брати участь у розв'язанні цієї глобальної екологічної проблеми, а й досягти успіхів на шляху сталого розвитку, ввійти до провідних технологічно розвинутих країн світу.

Висновки

На підставі викладеного можна стверджувати таке. Проблема зміни клімату в Україні може бути пов'язана з рядом соціальних, економічних питань нашої держави. Одним із головних повинно бути питання з мінімізації впливу на складову природного середовища — клімат.

4.2. Поточні зміни клімату в Україні

4.2.1. Регіональні особливості зміни температури повітря

У роботі використані дані інструментальних спостережень за температурою повітря у поверхні землі мережі наземних метеорологічних станцій України з 1901 по 2014 р. Було проаналізовано бази даних більшості станцій та зроблено висновок про можливість їх використання для вивчення зміни клімату (всього 60 станцій). З них лише дані 18 станцій проводять спостереження понад 113 років. З 1951 по 2013 р. використовувалось 60 станцій.

На території України процес потепління досить активний. Регулярне спостереження за температурою повітря із року в рік, в Україні з 1901 р., дає можливість зробити статистично обґрунтовану характеристику схожості вікового ходу річної глобальної і регіональної температур повітря. Криві багаторічного ходу температури повітря в Україні за 113 років мають спільні риси з багаторічним глобальним ходом температури повітря. Можна припустити, що температура вийде на плато, припинить збільшуватися, але що вона буде знижуватися, цього не передбачається.

На рис. 4.1 це візуально добре простежується. По осі ординат наведена температура повітря у відхиленнях від кліматичної норми (1961–1990 рр.), по

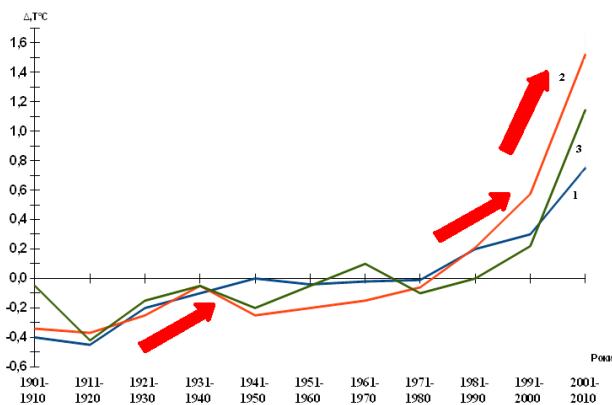


Рис. 4.1. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по десятиріччях за період 1901–2010 рр.: 1 — глобальна, 2 — регіональна (Зона мішаних лісів, Зона широколистяних лісів, Лісостепова зона), 3 — Степова зона

Підтверджено, що кліматичні процеси в Україні є складовими як природних, так і антропогенних процесів у глобальній кліматичній системі. Що стосується антропогенних факторів, то найнебезпечнішими є ті, які впливають на склад атмосферного повітря і зумовлюють зміну складових радіаційного і теплового балансу Землі.

осі абсцис (роки з 1901 по 2013 р.) — по десятиріччях. В полі графіка представлено три криві: 1 — глобальна, 2 — регіональна (сюди входить три природні зони: Зона мішаних лісів, Зона широколистяних лісів та Лісостепова зона) і 3 — Степова зона, так як в широтах, де розміщена Степова зона, процес потепління відбувався менш інтенсивно (рис. 4.1).

Добре простежується характеристика сучасної зміни клімату за даними декількох часових періодів зміни глобальної і регіональної (Україна) температури повітря у XX–XXI ст. Перший етап активного глобального потепління в Україні почався з 1911 і досяг найбільшої інтенсивності в 30-х роках. Починаючи з 50-х років глобальний клімат перебував у відносному “спокої”. З 70-х років у глобальному і регіональному масштабах процес потепління відбувався інтенсивніше, ніж в попередні роки. З 1991 р. спостерігалася активізація глобального і регіонального потепління. Це не було несподіванкою, так як передбачалося в роботах [21, 50]. В останні десять років XXI ст. простежується стрімкий ріст температури у порівнянні з усім попереднім часом спостережень.

До 2000 р. річна регіональна температура повітря розрахована авторами по 18 довгорядних станціях, хоча вона наводилася і в друкованих виданнях [12, 19, 62]. Зараз цей графік продовжений ще 10 роками і доповнений більшою кількістю станцій, що дозволило констатувати: 1) підтверджено раніше отриманий висновок, що з 1975 р. в Україні потепління відбувається великими темпами і для нашої країни воно є більш значущим, ніж в інших країнах; 2) до 2000 р. інтенсивність потепління в Степовій зоні була дещо менша, ніж в інших природних зонах. Починаючи з 2001 по 2012 р. вона вирівнюється з ними. Тому в подальшому можна уже в регіональну криву включати всі чотири фізико-географічні зони України. Тобто, потепління охопило і південні широти України; для нас Степова зона — це зерновий район, де може бути постійна засуха.

При ВМО існує МГЕЗК, яка займається як діагнозом клімату, так і його прогнозом. В цю групу входять авторитетні вчені, які досліджують питання фізики атмосфери. Глобальна крива температури повітря не викликає недовіри [110], вона узгоджується з даними МГЕЗК.

На рис. 4.2 одночасно наведено графіки динаміки глобальної температури та температури повітря за природними зонами України від десятиріччя до десятиріччя, що дає можливість прослідкувати наслідки змін клімату з урахуванням природних особливостей території. Аналіз графіків показує, що з десятиріччя 1970–1980 рр. фіксується початок потепління на території України, а з 1990 р. відбувається інтенсивне потепління у всіх природних зонах.

Що стосується Криму, то вказана закономірність також простежується, але значення величини відхилення температури повітря менше в 2–3 рази, ніж в інших природних зонах України. Незначний ріст потепління в Криму можна пояснити зростанням потепління у Степовій зоні, що розміщена північніше, впливом моря, яке дещо гасить потепління, та географічним розташуванням півострова (рис. 4.2).

Зовсім не очікувалось потепління у регіоні Карпат. Слід зазначити, що в горах, з синоптичної точки зору, процеси дуже складні. Також у Карпатах діє такий антропогенний фактор регіонального масштабу, як вирубка лісів. Не ясно, як зміни клімату ведуть себе зі збільшенням висоти, це потребує окремого дослідження. Можна зробити висновок, що глобальне потепління перебиває деякі регіональні особливості. Потрібно буде перевірити ці результати на більш однорідному і доповненому матеріалі, так як результати регіонального потепління в Україні до цього часу перевірялися тільки на рівнинній території (рис. 4.2).

Все це ще раз підтверджує, що вся ця ситуація є реальною, потепління відбувається у будь-якому ре-

гіоні, набирає широких масштабів і інтенсивність його відрізняється зовсім незначно. Значення потепління на території України у всіх природних зонах, крім Криму, перевищують глобальні значення (рис. 4.2).

Для отримання кількісних характеристик змін клімату в цілому за 113 років (діагноз зміни клімату) було використано статистичний метод побудови тренду (тенденції).

Для визначення тенденції в ряду метеорологічних величин на межі XX та XXI ст. використано такий метод [63]. Часовий ряд Y_K — значення певної величини (в нашому випадку температури та опадів) в послідовні моменти часу τ_K можна представити у вигляді суми трьох складових:

$$Y(\tau_K) = f_0(\tau) + f_p(\tau) + \varepsilon(\tau) \quad (4.1)$$

де $Y(\tau_K)$ — значення величини у послідовні моменти часу $K = 0, N-1$; $f_0(\tau)$ — детермінована зміна, тобто тренд; $f_p(\tau)$ — періодична компонента; $\varepsilon(\tau)$ — випадкова складова, або “шум”. Слід зазначити, що детермінована складова $f_p(\tau)$ може складатися з трендів і довгоперіодичних коливань із довжиною хвилі більшою, ніж довжина ряду.

На рис. 4.3 представлено багаторічний хід температури повітря в Україні за період 1900–2013 рр. За 113 років за трендом в Зоні мішаних лісів, зоні широколистяних лісів, Лісостепу температура становить $0.8-1^\circ\text{C}$, в Степовій зоні — близько 0.5°C у бік потепління. В кожне десятиліття температура підвищувалася на 0.1°C . Хоча у більшості станцій за останнє десятиріччя температура збільшувалася на 0.3°C .

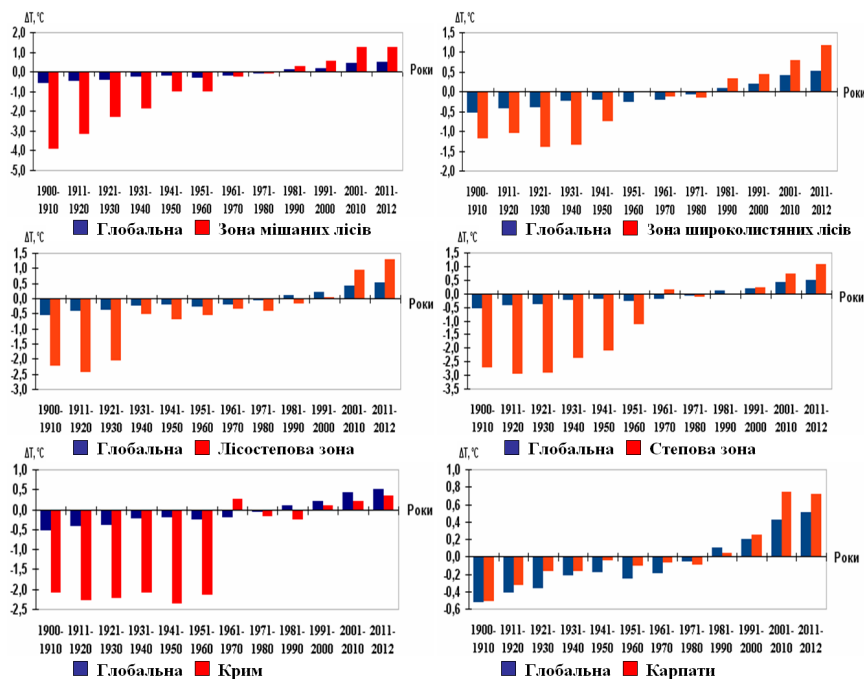


Рис. 4.2. Відхилення річної температури повітря ($^\circ\text{C}$) від кліматичної норми по десятиріччя у період 1901–2012 рр. за природними зонами України

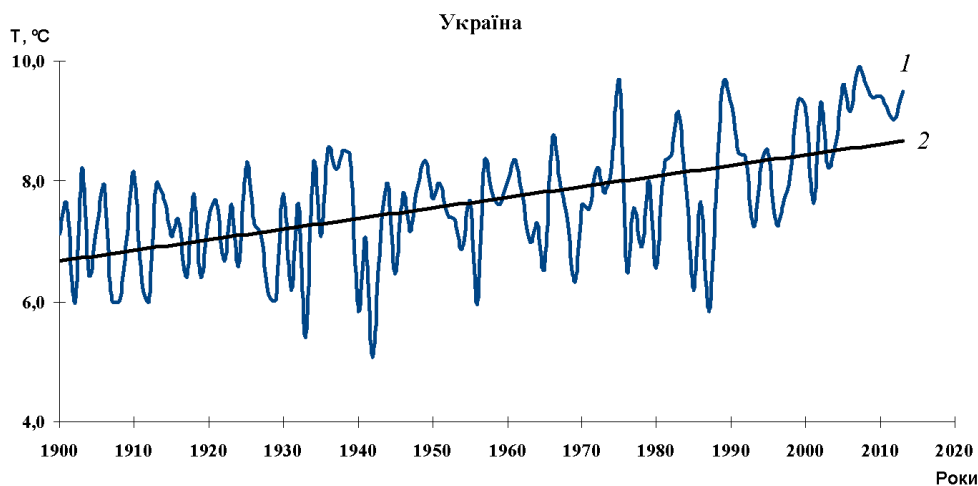


Рис. 4.3. Багаторічний хід річної температури повітря (°C) в Україні. 1 — фактичний хід; 2 — віковий хід (тренд)

Слід зазначити, що для території України прояви змін глобального клімату у всіх районах підсилюються за рахунок внутрішніх факторів: зміни ландшафтів внаслідок багатомілітної господарської діяльності, сучасної зміни водних ресурсів меліорацією, процесів урбанізації.

Враховуючи, що одним із вагомих механізмів, що приводять до спостережуваного нині глобального потепління, є наслідок підвищення в атмосфері кількості ПГ, окремо було розглянуто зміни температури з початку “індустріального” періоду і до сьогодення, розрахунки велись по більшій кількості станцій. Похибка площинного осереднення незначна близько — 0.1°C. Також потрібно відмітити, що значний внесок зроблено за останнє десятиріччя XXI ст., оскільки регіональна температура досягла найбільшого значення за весь період спостережень.

У табл. 4.1–4.5 наведені дані, зняті з кінців тренду (Δt , °C), за якими обчислювалась зміна річних температур, та за сезонами.

Як показали дані розрахунків за “індустріальний” період, в Україні всі сезони з додатною аномалією. Якщо порівняти тренди зміни річної температури повітря за всі 113 років та за періоди 1951–2013 та 2001–2013 р. то слід відмітити, що закономірності 113-річного періоду збереглися і на більш коротких рядах. Але наведені кількісні оцінки зміни температурного режиму за різні періоди 113, 60 та 10 років правомірні лише для

кожного з цих періодів і, зрозуміло, не є однаковими. В цілому, в Україні відбувається детерміноване зростання температури повітря за весь час інструментальних спостережень.

З огляду на специфічні кліматичні особливості першого десятиліття XXI ст. для спрощення процедури порівняння по природних зонах подані відхилення температури повітря (Δt , °C) від норми за сезонами (табл. 4.5а).

Аналіз даних, наведених в табл. 4.5а, показує, що потепління охопило всі сезону року, особливо різке потепління в літній період. Значно стала теплішати осінь, зима у порівнянні з останнім 10-річчям XX ст. стала менш швидко теплішати, тобто це підтверджує, що потепління в XXI ст. йде за рахунок літнього періоду.

Для об’єктивнішої кількісної оцінки змін клімату проведено дослідження з аналізу аномально теплих місяців, років, наведено повторюваність холодного і спекотного літа, а також поставлено дискусійне питання про повторюваність і можливі причини формування холодних і теплих зим в Північній півкулі та в Україні за період інструментальних спостережень.

Отриманий результат (табл. 4.6–4.8) був пророблений за допомогою розробленої програми та наведений для аномально холодних та аномально теплих років для всієї України з 1900 по 2013 р. за 54 станціями (у перспективі для визначення змін ми можемо зробити це дослідження для кожної зони).

Таблиця 4.1.

Зміна річної температури повітря (Δt , °C), за період 1951–2013 рр. по території України, розрахованої за лінійним трендом для різних вибірок

Природні зони	Δt , °C за 10 років	Δt , °C за 60 років
Зона мішаних лісів	0.2	1.6
Зона широколистяних лісів	0.2	1.5
Лісостепова зона	0.3	1.8
Степова зона	0.1	0.8
Крим	0.01	0.1
Регіон Карпат	0.1	0.6

Таблиця 4.2.Зміна температури повітря (Δt , °C) зимою, за період 1951–2013 рр. по території України, розрахованої за лінійним трендом для різних вибірок

Природні зони	Δt , °C за 10 років	Δt , °C за 60 років
Зона мішаних лісів	0.2	1.2
Зона широколистяних лісів	0.4	2.4
Лісостепова зона	0.3	1.8
Степова зона	0.1	0.6
Крим	0.1	0.6
Регіон Карпат	0.1	0.6

Таблиця 4.3.Зміна температури повітря (Δt , °C) весною, за період 1951–2013 рр. по території України, розрахованої за лінійним трендом для різних вибірок

Природні зони	Δt , °C за 10 років	Δt , °C за 60 років
Зона мішаних лісів	0.4	2.4
Зона широколистяних лісів	0.5	3
Лісостепова зона	0.5	3
Степова зона	0.2	1.2
Крим	0.1	0.6
Регіон Карпат	0.3	1.8

Таблиця 4.4.Зміна температури повітря (Δt , °C) літом, за період 1951–2013 рр. по території України, розрахованої за лінійним трендом для різних вибірок

Природні зони	Δt , °C за 10 років	Δt , °C за 60 років
Зона мішаних лісів	0.2	1.2
Зона широколистяних лісів	0.2	1.2
Лісостепова зона	0.2	1.2
Степова зона	0.1	0.6
Крим	0.2	1.2
Регіон Карпат	0.2	1.2

Таблиця 4.5.Зміна температури повітря (Δt , °C) осінню, за період 1951–2013 рр. по території України, розрахованої за лінійним трендом для різних вибірок

Природні зони	Δt , °C за 10 років	Δt , °C за 60 років
Зона мішаних лісів	0.1	0.6
Зона широколистяних лісів	0.2	1.2
Лісостепова зона	0.2	1.2
Степова зона	0.1	0.6
Крим	0.1	0.6
Регіон Карпат	0.04	0.3

Таблиця 4.5а.Відхилення температури повітря (Δt , °C) за період 2001–2013 рр. по сезонах за природними регіонами України

Природні зони	Зима	Весна	Літо	Осінь
Зона мішаних лісів	0.62	1.20	1.65	0.76
Зона широколистяних лісів	0.87	1.26	1.70	0.74
Лісостепова зона	1.45	1.79	2.09	1.28
Степова зона	1.15	1.32	1.90	1.42
Крим	0.46	0.82	1.43	0.48
Регіон Карпат	0.73	0.31	1.59	0.73

Таблиця 4.6.

Аномально холодні та аномально теплі роки для всієї території України

Аномально холодні роки											
Місяці											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1947	1911	1928	1929	1912	1933	1912	1926	1959	1912	1902	1902
1950	1922	1929	1931	1980		1979	1976	1996	1946	1908	1927
1954	1932	1932	1933				1987	1997	1947	1914	1933
1963	1954	1952	1955						1951	1953	1963
1972	1956	1963	1965						1959	1956	2001
1987	1985	1985	1987						1976	1988	2002
		1987								1993	
										1998	

Аномально теплі роки											
Місяці											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2007	1989	1989	1950	1979	1901	1936	1929	1909	1909	1923	1960
	1990	1990	2000	1996	1924	1938	1946	1924	1929	2010	2011
	1995	2002		2003	1946	1959	1992	1937	1935		
	2002	2007		2013	1954	1999	2007	1994	1966		
		2008			1964	2001	2010		2012		
					1999	2002					
					2013	2010					

Таблиця 4.7.

Температура літніх місяців і літа в цілому (у випадку холодного літа) за період інструментальних спостережень (°C)

Роки	Температура літніх місяців			Середня температураліта
	Червень	Липень	Серпень	
1911	16.7	19.25	19.54	18.5
1912	18.64	18.27	18.68	18.53
1913	16.39	18.97	19.98	18.45
1925	16.25	20.4	19.06	18.37
1928	16.08	21.11	17.85	18.35
1933	15.92	20.04	18.05	18
1949	16.78	19.74	18.9	18.47
1973	17.56	20.16	17.99	18.57
1974	17.38	18.81	19.43	18.54
1976	16.77	18.6	17.02	17.46
1977	17.7	19.26	18.23	18.4
1978	16.76	18.35	17.96	17.69
1980	17.45	19.48	17.88	18.27
1982	17.11	18.77	19.79	18.56
1984	16.95	18.73	18.3	17.99
1990	17.37	19.77	18.96	18.7
1993	16.75	18.62	18.8	18.06

Таблиця 4.8.

Температура літніх місяців і літа в цілому (у випадку спекотного літа) за період інструментальних спостережень (°C).

Роки	Температура літніх місяців			Середня температура літа
	Червень	Липень	Серпень	
1901	21.8	21.32	13.6	21.34
1905	19.78	21.4	15.87	20.92
1936	18.94	23.98	13.8	20.91
1938	19.21	23.38	16.05	21.55
1939	19.71	22.13	14.71	20.97
1946	21.38	21.27	16.36	21.71
1953	20.15	21.77	14.54	20.83
1954	21.43	21.25	17.09	21.35
1972	20.68	22.49	14.14	21.53
1975	21.21	21.15	16.96	20.83
1999	21.95	23.42	15.76	21.77
2001	16.97	24.72	14.85	20.91
2002	18.94	24.06	15.43	21.18
2003	20.84	22.62	15.46	22.04
2007	20.66	22.34	16.7	20.87
2009	21.34	23.89	15.52	23.17
2010	20.37	22.57	16.18	21.1
2011	20.99	25.79	16.8	22.79
2012	24.56	21.14	13.17	22.31

Наведено формули [5], які використані в наших дослідженнях (етап 1) та критерії для визначення типу років (етап 2).

Етап 1:

Середнє арифметичне:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (4.2)$$

де t_i — значення досліджуваного параметру, N — кількість спостережень.

Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}{N}} \quad (4.3)$$

де \bar{t} — середнє арифметичне, σ — середнє квадратичне відхилення.

Етап 2:

Критерії визначення років:

- $\bar{t} - \sigma \leq t \leq \bar{t} + \sigma$ *нормальні (близькі до середньої багаторічної характеристики);*
- $\bar{t} + \sigma < t < \bar{t} + 2\sigma$ *теплі;*
- $\bar{t} - 2\sigma < t < \bar{t} - \sigma$ *холодні;*
- $t \geq \bar{t} + 2\sigma$ *аномально теплі;*
- $t \leq \bar{t} - 2\sigma$ *аномально холодні.*

Представлена авторська програма О. А. Апостолова, що була розроблена на мові програмування Delphi для автоматизованого розрахунку аномальних років, сезонів, місяців. На рис. 4.4 зображено зовнішній вигляд програми.

Для роботи програми було сформовано зовнішні файли: 1) “help_nazva_station.txt” та 2) файли в форматі “ST_N.txt”, де N — номер станції. В першому файлі “help_nazva_station.txt” вказано кількість станцій, що використовуються в дослідженні, номер за порядком та унікальний номер станції. Кожна метеостанція, що використовувалась в дослідженні, отримала свій унікальний номер, наприклад, метеостанція в Вінниці має номер 1. За допомогою цього файлові “help_nazva_station.txt” можна проводити дослідження для різної кількості метеостанцій, групуючи їх за кліматичними зонами або за іншими критеріями. Для всіх станцій було створено єдиний формат, який стосується як назви файлу, так і його змісту. Назва файлів в форматі “ST_N.txt”, де N — номер станції, дозволяє програмі автоматично знаходити потрібну станцію за унікальним номером з файлу “help_nazva_station.txt”. Крім того, всі файли в форматі “ST_N.txt” мають однаковий формат, що дозволяє без перешкод обробляти вхідні дані по кожній станції, що приймає участь в процесі аналізу.

Після того, як в програму введено файл “help_nazva_station.txt”, наступним кроком є розрахунок необхідних параметрів за методикою. Розрахунки проводяться як для окремої станції, вираховуються для кожного місяця роки, які є нормальними, теплими, холодними та аномальними, так і для всієї України, тобто для всіх станцій, що використовують-

ся в дослідженні. Також у програмі реалізовано розрахунок аномальних років за температурою для сезонів року. Розрахунок аномальних років для сезонів року був зроблений в напівавтоматичному режимі, оскільки не зовсім формалізовані правила для визначення цих років. Тому було вирішено для визначення аномальних років для сезонів обрахувати усереднені значення для кожного місяця кожного року за сезон та стандартне відхилення за сезон. Знаючи ці дані, вже в програмі Excel проводилось кінцеве визначення аномальних років у сезони.

Вихідні файли зроблені в форматі, зручному для інтегрування в програму Excel, де й створюються кінцеві таблиці.

Виявлено, що в зв'язку з трендом зміни температури з 1990 р. для теплих років збільшуються T_{cr} , тому роки, які були раніше аномально теплими, зараз не входять в аномальні, тобто при потеплінні не спрацьовує кліматична норма.

На рис. 4.5 наведені дані за 30-річні періоди, в тому числі і нині діюча стандартна кліматична норма (1961–1990 рр.). На рис. 4.5 видно, що незначні глобальні зміни клімату відобразились на кліматичній нормі. Середньобаторічна величина змінилась на 0.2°C .

Як уже зазначалось, сучасне потепління почалося з 1998 р. і характеризувалося дуже теплою зимою. Потепління в цьому році було виражене і на території України. В зміні температур у XXI ст. в останні роки намітилася тенденція до підвищення температури не тільки в холодну пору року, але і літом, особливо в другу половину літа. Дуже теплими виявилися 1991, 2000, 2010 рр.

Дискусійним при сучасному глобальному потеплінні є повторюваність суворих зим, тому що їх виникнення важко інтерпретувати, виходячи з парникової природи минулого, відомого, як потепління Арктики, та теперішнього потепління клімату. Не зважаючи на рекордне середнє потепління протягом десятиліть, хвилі холоду все таки залишаються причиною сильних страждань населення в багатьох країнах. В результаті збігу екстремальної від'ємної фази Арктичного коливання і Північно-Атлантичного коливання (ПАК) Північна півкуля пережила екстремальні зимові умови з грудня 2009 по лютий 2010 р. В результаті тривалого періоду холоду і снігопадів в Європі було зареєстровано понад 450 смертних випадків. Зима 2009/2010 рр. була також виключно холодною в Росії, Північній Америці (особливо США) і в деяких частинах Азії. Інші потоки холоду спостерігалися в Болівії в 2004 р., південній частині Африки в 2002 і 2007 рр., Перу в 2003 р., Марокко і Алжирі в 2005 р., Австралії в 2005 р., Азії в [46].

В Україні, не зважаючи на стрімкий процес потепління в зимовий сезон нерідко створюються умови для формування низької температури повітря (мінус 10°C і нижче). Таке зниження температури для умов території України вважається особливо

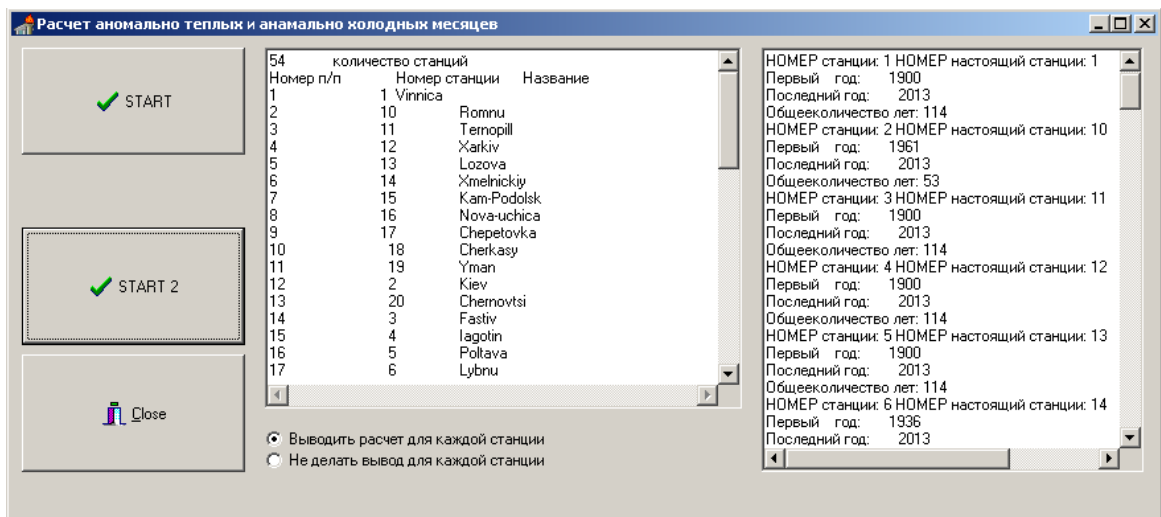


Рис. 4.4. Зовнішній вигляд програми, розробленої О. А. Апостоловим для автоматизованого розрахунку аномально холодних та аномально теплих років

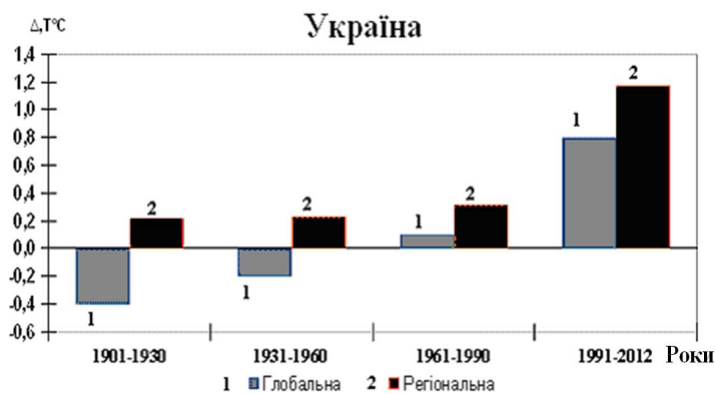


Рис. 4.5. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми за 30-річними періодами з 1901–2012 рр.: 1 — глобальна, 2 — регіональна по рівнинній частині України

небезпечним явищем для сільського господарства.

Найбільш детально дослідження суворих зим на території Північної півкулі, зокрема колишнього Радянського Союзу, виконав Б. І. Сазонов. Він розглянув не тільки повторюваність суворих зим, але і причини формування та можливості довготермінованого їх прогнозування. Ним зроблено висновок, що для суворих зим характерні регіональні циркуляційні умови формування [100].

У сучасний час на пострадянському просторі такі дослідження проводяться у сусідній з Україною державі Білорусь академіком В. Ф. Логіновим [74, 76]. Результати цих робіт можна використовувати для зіставлення та порівняння результатів дослідження, отриманих в даній роботі.

Розглянемо повторюваність зим на території України за період інструментальних спостережень з 1901 по 2013 р. Приймаючи до уваги площу України і тісну кореляцію (коефіцієнт просторової кореляції $r = 0,9$) середньомісячних і середньорічних температур, наведемо осереднену за метеорологічними станціями температуру повітря в Україні за

кожний із зимових місяців за період інструментальних спостережень (1901–2013 рр.) (табл. 4.9).

В розрахунок входили зими, що як мінімум на 2°C були холодніші нормальної зими, а середня температура яких за період інструментальних спостережень становила мінус 3.44°C. Перевищення температури холодної зими на 1.94°C відповідає величині одного середньоквадратичного відхилення температури зими. Аналіз показав, що за весь період інструментальних спостережень в Україні було зафіксовано 17 холодних зим; число холодних зим розподілено нерівномірно: виділяється період часу з 1923 по 1934 р., на який припадає п'ять холодних зим, та період часу з 1962 по 1969 р. — три холодні зими, за період 1908–1911, 1953–1956, 1984–1987 рр. — по дві холодні зими; 1946–1947, 1995–1996, 2002–2003 рр. — по одній холодній зимі.

Аналіз зв'язків всередині ряду температур зимових місяців показує, що в більшості випадків, коли спостерігалися холодні зими, за холодним січнем слідував холодний лютий (в 11 із 17 випадків). Це може дозволити прогнозувати, що лютий 2015 р.

буде холодним. Таких перевірених тісних зв'язків всередині ряду грудня і січня немає. Тільки приблизно в половині випадків після холодного грудня слідував аномально холодний січень. Приблизно в семи випадках із 17 за груднем, температура якого була вище або близько до норми, слідував холодний січень (1923, 1928, 1953, 1962, 1986, 1969, 1995 рр.).

В цілому суворість зими більшою мірою визначається температурою центрального місяця зими — січня. Саме для цього місяця притаманні характерні синоптичні процеси для зимового сезону. Для більшості станцій, використаних у дослідженні, січень був найхолоднішим місяцем. А для аномально холодних зим середні значення січня і лютого майже однакові, навіть лютий більш аномальний. В середньому січень під час холодних зим нижче свого середньомісячного значення на 3.18°C, лютий — на 4.19°C, грудень — на 2.05°C у порівнянні з середніми значеннями температури повітря у вказані місяці за весь період спостереження. Ранжирування зим, яке базується тільки на середній температурі зими не є вичерпним показником суворості зими.

Певний інтерес становить аналіз стійкості середньомісячних від'ємних зимових аномалій та їх величин.

Найбільш суворою може вважатися зима, коли температури всіх трьох місяців були нижче норми і хоча би в двох зимових місяцях від'ємні відхилення температури від норми 1.5 середньоквадратичних стандартних відхилень σ . Середньоквадратичне відхилення температури грудня, січня і лютого дорівнює відповідно 2.56, 2.80 і 1.97. Але слід зазначити, що у нас менше граничне значення норм середньоквадратичного відхилення у порівнянні з запропонованими у методиці значеннями та результатами, які отримав академік В. Ф. Логінов (Білорусь). Тому у нас виявилось більше років, які можуть подолати граничне значення. До суворих

зим можна з досить достатньою підставою віднести і зими, коли хоча б один із місяців був екстремальним холодним (аномалія температури 2σ). Беручи до уваги ці обставини, до суворих зим можемо віднести 1953–1954 (грудень, січень), 1984–1985 (січень, грудень), 1908–1909 (грудень), 1946–1947 (січень, грудень), 1962–1963 (січень), 1963–1964 (січень, грудень), 1927–1928 (грудень) роки.

Розглянемо розподіл зим по фазах глобального потепління клімату. Як відомо, зміни глобальної температури за період інструментальних спостережень мають три 60–70-річні коливання. Максимум першого 60–70-річного коливання припадає на 70-ті, другого — на початок 40-х років минулого століття [74]. Останній максимум, як уже відмічалось вище, спостерігався в кінці 90-х років ХХ—на початку ХХІ ст. Аналіз холодних зим в Україні показав, що сім холодних зим припало на висхідну гілку другого циклу (1910–1945 рр.), шість холодних зим — на спадну гілку другого циклу (1946–1975 рр.), чотири — на висхідну гілку останнього 60–70-річного циклу, тобто на роки, коли відбувалося найінтенсивніше підвищення температури Північної півкулі (1976–2007 рр.). Ці результати показали, що більша кількість холодних зим припала на період потепління Арктики (1910–1945 рр.). Особливо холодні зими відмічалися в роки, коли воно досягало свого максимуму.

Такий розподіл холодних зим за період інструментальних спостережень можна вважати парадоксальним. Холодні зими 1984–1985, 1995–1996, 2002–2003 рр. також припали на період сучасного інтенсивного глобального потепління і потепління у високих широтах. Попереднє потепління клімату, відоме, як потепління Арктики, також супроводжувалось холодною зимою в Україні (1927–1928 рр.).

Розглянемо можливі причини формування холодних зим в Україні. За дослідженнями В. Ф. Логінова

Таблиця 4.9.

Температура зимових місяців і зими в цілому (у випадку холодних зим) за період інструментальних спостережень (°C).

Роки	Температура зимових місяців			Середня температура зими
	Грудень	Січень	Лютий	
1953–1954	-3.94	-11.4	-13.5	-9.6
1984–1985	-4.35	-7.42	-12.1	-7.94
1928–1929	-1.94	-7.03	-14.4	-7.8
1908–1909	-5.73	-8.29	-7.8	-7.27
1946–1947	-5.11	-9.94	-5.59	-6.88
1963–1964	-6.1	-7.8	-6.65	-6.85
1962–1963	-3.37	-12.7	-4.43	-6.82
1927–1928	-7.65	-5.12	-7.38	-6.72
1995–1996	-4.86	-8.29	-6.15	-6.43
1986–1987	-3.25	-11.6	-4.16	-6.34
2002–2003	-7.86	-3.71	-7.14	-6.23
1968–1969	-2.79	-8.89	-6.56	-6.08
1923–1924	-1.53	-9.06	-6.68	-5.76
1910–1911	-0.71	-5.89	-10.4	-5.67
1955–1956	1.67	-2.97	-12.3	-5.63
1930–1931	-4.04	-5.21	-7.35	-5.53
1933–1934	-7.61	-5.55	-3	-5.39
Середня температура зимових місяців і зими в цілому	-4.1	-7.7	-8.0	-6.6

переважна кількість холодних зим збіглася з низькими значеннями індексу ПАК в грудні-березні [74]. Ці результати можна пояснити так: низькі значення індексу ПАК відповідають за слабе переміщення теплого і вологого повітря з Північної Атлантики на територію України зимою, а отже сприяють формуванню холодних зим. Виняток склали зими 1908–1909 і 1910–1911 рр., коли значення індексу ПАК було суттєво вище норми. Слід зазначити, що не завжди мінімальне значення індексу ПАК забезпечує відповідні умови для формування холодних зим в Україні. Так в 1936, 1948 рр. спостерігалися низькі значення індексу ПАК, але холодних зим не було.

Теплі зими в самому кінці 80–90-х років минулого століття та перші роки ХХІ ст. припадали на високі значення ПАК, особливо високі значення яких відмічалися в 1989–2000 рр.

При ослабленні ПАК у високих широтах Північної півкулі спостерігалася підвищення тиску. Холодні сухі масиви з Арктики проникають на континенти і викликають суворі зими.

Таким чином, найхолодніша зима 1928–1929 рр. зафіксована в роки, коли потепління у високих широтах Північної півкулі, відоме, як потепління Арктики, досягло максимальних значень. Холодна зима 2002–2003 рр. також спостерігалася в період більш потужного сучасного потепління у порівнянні з епохою попереднього потепління Арктики в 20–40-і роки минулого століття. Вказані зими можна повною мірою віднести до суворих. Сигналом послаблення сучасного потепління може бути 2008 р., коли температура земної кулі була найнижчою за період з 2001 по 2008 р. Ці факти не суперечать гіпотезі про зниження інтенсивності течії системи Гольфстрім під час тривалих епох потепління клімату і, як наслідок, настання фази похолодання клімату в Європі. Часовий масштаб подій, пов'язаних з послабленням Гольфстріму і подальшим похолоданням Європи, ймовірніше за все, може бути більш тривалим, ніж в 60-ті роки минулого століття.

Одним із дискусійних питань є питання впливу сонячної активності на формування аномальних кліматичних явищ, до яких відносяться і холодні зими. Дослідження В. Ф. Логінова показали, що більша частина холодних зим спостерігалася за низької сонячної активності: холодні зими прагнуть “уникнути” максимальних значень сонячної активності в 11-річних циклах, хоча зими 1908–1909, 1968–1969 рр. спостерігалися поблизу максимумів 11-річних сонячних циклів. Це свідчить про те, що для прогнозування холодних зим недостатньо підстав, щоб опиратися на 11-річну сонячну активність.

Більша частина холодних зим спостерігалася на спадних гілках 11-річних циклів (1910–1911, 1923–1924, 1928–1929, 1946–1947, 1953–1954, 1962–1963, 1963–1964, 1984–1985, 1986–1987, 1995–1996 рр.). Особливо непропорційно багато самих

холодних зим відмічалася в наступних 11-річних циклах: 16, 17, 18, 19 і 21 циклах за цюріхською нумерацією (1928–1929, 1939–1940, 1941–1942, 1953–1954, 1984–1985 рр.) [74]. Останні три сонячні цикли входять в четвірку найпотужніших 11-річних сонячних циклів за період спостережень сонячної активності (1749–2010 рр.). Близьким за потужністю був тільки 3-й цикл за цюріхською нумерацією. Максимум цього циклу припав на 1778 р. і склав 154.4 одиниці відносних чисел Вольфа [74]. В той же час холодні зими в Канаді, на Алясці і в Сибіру частіше спостерігалися поблизу, коли був максимум сонячної активності [74, 100]. В наведеній роботі йдеться, що європейська частина колишнього Радянського Союзу знаходиться під впливом інших циркуляційних процесів, ніж інші континентальні райони Північної півкулі. У випадку холодних зим у Північній півкулі на цю територію проникають повітряні маси з півдня Європи, що приводить до формування теплих зим. У випадку теплих зим у Північній півкулі над Центральною Європою розташовується гребінь високого тиску. По його східній периферії на європейську частину країни можуть вторгтися холодні маси повітря Арктики — формуються холодні зими.

Базуючись на підходах, які використовували для аналізу холодних зим, аналогічно зроблено відбір теплих зим за період інструментальних спостережень, використовуючи ті ж самі вхідні дані. Як і у випадку аналізу холодних зим, до теплих відносять зими, температура яких на 1.94°C вище температури нормальної зими (зима з середньою температурою мінус 3.44°C), число теплих зим 20. Слід зазначити, що в силу додатної (позитивної) асиметрії, теплих зим більше, ніж холодних. В даних розрахунках ми не ставили за мету мати однакові вибірки холодних та теплих зим. Перелік таких зим наведено в табл. 4.10.

З табл. 4.10 видно, що внесок у формування 20 самих теплих зим приблизно однаковий для січня та лютого і дещо відрізняється грудень (більш теплий). Для теплих зим характерна менша мінливість від місяця до місяця, після аномально теплого грудня слідує більш холодні січень та лютий. Зміна температури в зимовий період розвивається за “теплим” сценарієм, немає на території України жодного випадку із 20 за всі три місяці, коли б температура була нижче норми.

Аналіз табл. 10 показує, що більша кількість теплих зим припала на період поточного потепління клімату в Україні (16 із 20 випадків). Одна тепла зима була на початку інструментальних спостережень в Україні (1901–1902 рр.). Три теплі зими припали на роки першого потепління клімату, відомого, як потепління Арктики (1909–1910, 1913–1914, 1914–1915 рр.). Це свідчить про те, що перше потепління відноситься до потепління літнього типу [74], тоді як поточне потепління більш яскраво проявлялося в зимовий період.

Теплі зими в Україні не пов'язані з 11-річним циклом сонячної активності і першим потеплінням Арктики 30-х років. Потепління в холодні періоди в Україні можна пояснити сучасним екологічним впливом сумарної дії ПГ як глобального парникового ефекту, так і парниковим ефектом виключно власними викидами ПГ на досить значних промислових територіях, таких як Донбас.

Шість теплих зим припало на холодний перехідний період — 1946–1975 рр. (1947–1948, 1951–1952, 1958–1959, 1960–1961, 1965–1966, 1974–1975 рр.). Така приблизна кількість і повинна бути при випадковому розподілі. Наведені результати свідчать про невідповідний розподіл зим в епоху поточного потепління клімату. При випадковому (нормальному) розподілі зим на епоху поточного потепління клімату повинно припадати не більше 4 теплих зим, а в реальності їх спостерігалось набагато більше.

Як і у випадку холодних зим, основним предиктором теплих зим є інтенсивність ПАК. Переважна кількість теплих зим за період 1901–2005 рр. спостерігалась при високій інтенсивності ПАК, виняток склала зима 1960–1961 рр. [74]. Даними про інтенсивність ПАК останніх років ми не володіємо.

Розподіл теплих зим за фазами 11-річного сонячного циклу невизначений: теплі зими розподілені на його різних фазах випадковим чином [74].

Отже, поряд з регіональними циркуляційними умовами формування холодних і теплих зим, важливе значення має такий широкомасштабний циркуляційний феномен, як ПАК, яке визначається взаємодією океану та атмосфери. В роботах дослідників було показано, що температура різних холодних місяців року і зими, в цілому має тісний зв'язок з інтенсивністю ПАК [74, 100].

Відомо, що зміна інтенсивності ПАК пов'язана з різними зовнішніми та внутрішніми кліматоутворюючими факторами [74]. Оцінки ролі ряду зовнішніх факторів формування загальної циркуляції атмосфери, а ПАК власне і є одним із важливих її характеристик, досить сильно відрізняються. Особливо запекла дискусія продовжується з питання оцінки ролі таких малих збуджуючих атмосфери факторів, як сонячна активність, зміна швидкості обертання Землі, гравітаційного і магнітного полів Землі. Наявність в зміні глобальних і регіональних характеристик циркуляції і клімату, відомих циклів сонячної активності і полюсного припливу, а також їх обертонів може свідчити про вплив названих факторів на атмосферу і Світовий океан, хоча загальноприйнятих механізмів такого впливу поки не розроблено [74].

Суворі зими на європейській частині колишнього Радянського Союзу, а також у ряді випадків у Сибіру і середній Азії припали на період минулого першого потепління клімату — 1910–1945 рр. (1928–1929, 1930–1931, 1932–1933, 1941–1942 рр.). В Україні найсуворіші зими відмічалися в 1946–1947 рр. Друга тривала епоха суворих зим припала на 60-ті роки, коли спостерігалась “Велика солена аномалія”: 1962–1963, 1966–1967, 1968–1969 рр. [3]. Пов'язати суворі зими з потужним виверженням вулкану Агунг в 1963 р. не можна, оскільки вулканічний аерозоль призводить до похолодання клімату в теплий період [74].

Не можна виключати настання нової епохи суворих зим у Європі в кінці 20-х років ХХІ ст. Перші провісники таких суворих зим уже з'явилися. Вони, ймовірно за все, пов'язані з інтенсивним таненням арктичних льодів і збільшенням стоків північних річок у Північний Льодовитий океан, що

Таблиця 4.10.

Температура зимових місяців і зими в цілому (у випадку теплих зим) за період інструментальних спостережень (°C)

Роки	Температура зимових місяців			Середня температура зими.
	Грудень	Січень	Лютий	
2006–2007	1.93	2.19	-2.37	0.58
1989–1990	-0.35	-0.87	2.38	0.38
2000–2001	1.47	-0.48	-1.92	-0.31
1965–1966	0.99	0	-2.05	-0.35
1982–1983	1.81	-0.8	-2.07	-0.35
1988–1989	-2.6	-0.47	1.84	-0.41
1901–1902	1.2	-0.85	-1.67	-0.44
1960–1961	3.78	-4.29	-1.63	-0.71
1974–1975	0.58	-0.11	-2.65	-0.73
1913–1914	1.04	-4.46	0.89	-0.84
1947–1948	0.76	0.32	-3.73	-0.88
1951–1952	-0.46	-0.67	-1.95	-1.03
1909–1910	0.1	-2.5	-0.83	-1.08
1914–1915	-1.35	-0.2	-2.38	-1.31
1999–2000	0.51	-4.41	-0.14	-1.35
1958–1959	0.37	-1.36	-3.22	-1.4
1954–1955	-0.8	-2.13	-1.29	-1.41
2004–2005	0.34	-0.12	-4.49	-1.42
2008–2009	-0.64	-3.28	-0.49	-1.47
1993–1994	-0.17	0.55	-4.88	-1.5
Середня температура зимових місяців і зими в цілому	0.42	-1.197	-1.756	-0.84

призводить до опріснення Північної Атлантики, появи нової соляної аномалії та уповільненню течій системи Гольфстрім.

Формування екстремальних теплих літніх сезонів також можуть модулюватися Північною Атлантикою. Прикладом може бути спекотне літо 2010 р. у центральних та східних регіонах України, Білорусі та європейської частини України.

Отже, у випадку виникнення та повторюваності холодних і теплих зим в Північній півкулі та Україні за період інструментальних спостережень *не все можна пояснити впливом парникового ефекту*. Це свідчить про те, що клімат виходить за рамки навіть того, який існував у ХХ ст., *що порушена кліматична рівновага, і це може бути сигналом можливих незворотних змін клімату*.

В табл. 4.11 (для теплого періоду), і табл.4.12 (для холодного періоду) наведено каталоги (кількості років та у відсотковому відношенні) повторюваності нормальних, теплих, холодних, аномально теплих та аномально холодних років літом та зимою з 1901 по 2013 р. на території України. Каталог може бути використаний для обслуговування різних галузей господарської діяльності. З допомогою каталогу можна визначити, коли і в якому районі спостерігалися ті чи інші аномальні погодні умови. Його можна також використовувати у прогностичних цілях.

На прикладі метеостанції “Київ” було зроблено порівняння середньобаторічних структур температури повітря за різні періоди 1901–1975 рр. та 1976 і 2013 рр. у відсотках, для того щоб визначити частоту відхилень від норми в бік збільшення або зменшення за холодний і теплий періоди. Дані наведені в табл. 4.12а.

Аналіз зими показав, що досить частими стали роки, близькі до норми (середньої багаторічної характеристики клімату) ($\bar{t} - \sigma \leq t \leq \bar{t} + \sigma$). Аномально теплі та аномально холодні роки за порівнюваними періодами залишилися на одному рівні, відрізняються від багаторічного значення на 1%. Отже, потепління зим вкладається в норму зі знаком “плюс”. Що стосується аналізу теплого періоду, то кількість теплих років почала зменшуватися на 4%. Відбувається збільшення років з холодним червнем на 8%, липнем — на 1%, та зменшення у серпні на 3%. У теплий період також зросла кількість місяців, які потрапляють в “норму”. Отже, потепління в Україні в минулі роки підсилювалося власним парниковим ефектом, сьогодні із зменшенням інтенсивності промисловості парниковий ефект послабився; можна припустити, що ріст температури повітря уповільниться. Темпи приросту температури можуть знижуватись, а іноді протягом двох–трьох років можуть бути відсутні в зв’язку з накладанням найбільш активних природних факторів: виверженням вулканів і зміни сонячної активності.

Розглянута середньобаторічна структура температури повітря останніх 23 роки, яка може відоб-

ражати частоту виникнення нормальних, теплих, холодних та аномальних років до 2025 р. (табл. 4.12б).

Висновки

Таким чином, визначено регіональний відгук клімату України на його глобальні зміни. Шляхом порівняння вікового ходу річної глобальної температури повітря (у відхиленнях від кліматичної норми) і вікового ходу аналогічних значень регіональної температури на основі незалежних розрахунків авторів підтверджено висновок про загальну закономірність змін глобальної температури повітря і температури повітря в Україні. Але підвищення температури повітря в Україні значніше. Отримано новий результат, що потепління охопило південні широти. Тепер в регіональну криву можна включати всі чотири природні зони України.

Зроблено розрахунки по природних зонах України, що дасть можливість прослідкувати наслідки зміни клімату з урахуванням природних особливостей території. Хід аномалії річної температури по чотирьох природних зонах та регіонах Карпат та Криму повторюють один одного, а також аномалію у глобальному масштабі. Можна зробити висновок, що глобальне потепління перекидає регіональні особливості.

Встановлено підвищення температури повітря для рівнинної території України: в Зоні мішаних лісів та Зоні широколистяних лісів, Лісостепу 0.8–1.0°C; в Степовій зоні на 0.5°C. В кожне десятиліття температура підвищувалась на 0.1°C. В останнє десятиріччя ХХІ ст. по більшості станцій тренд зріс на 0.3°C. Потепління в Україні фіксується майже всіма станціями.

Щодо діагностичної оцінки температурного режиму за період, який збігається з індустріальною епохою, слід відмітити, що значний внесок зробило останнє десятиріччя ХХІ ст. Розрахунки показали, що в “індустріальний період” іде детерміноване зростання температури. Тобто в цей період, крім глобального впливу на клімат України діють регіональний і локальний антропогенний фактори.

Наведені розрахунки аномально теплих та аномально холодних років, аномально теплих місяців та сезонів підтвердили відображені на тренді характерні особливості зміни температури за “інструментальний період” спостережень, а саме: підтверджено генеральну особливість зміни температури в наявності двох суттєвих потеплінь в ХХ ст. — це 20–30-ті роки та 1998–2002 рр.; в зміні температури в Україні в останні роки намітилася тенденція до підвищення температури не тільки в холодну пору року, але і літом. Дуже теплими виявилися 1991, 2000, 2001 рр. В останні роки швидкість зимового потепління уповільнилась.

В дослідженні наведена повторюваність холод-

Таблиця 4.11.

Повторюваність нормальних (близьких до середньої багаторічної характеристики клімату) ($\bar{t} - \sigma \leq t \leq \bar{t} + \sigma$) теплих ($\bar{t} + \sigma < t < \bar{t} + 2\sigma$) холодних ($\bar{t} - 2\sigma < t < \bar{t} - \sigma$) аномально теплих ($t \geq \bar{t} + 2\sigma$), аномально холодних ($t \leq \bar{t} - 2\sigma$) років за весь період інструментальних спостережень (1901–2013 рр.) у літні місяці на території України

1	Червень	Липень	Серпень	Червень	Липень	Серпень
	Кількість років			У відсотковому відношенні		
2	3	4	5	6	7	
Вінниця						
Теплі	15	9	10	13.2	7.9	8.8
Холодні	14	11	10	12.3	9.6	8.8
Аномально теплі	4	7	4	3.5	6.1	3.5
Аномально холодні	2	3	3	1.8	2.6	2.6
Київ						
Норма	79	78	79	69.3	68.4	69.3
Теплі	16	10	10	14	8.8	8.8
Холодні	15	20	20	13.2	17.5	17.5
Аномально теплі	3	6	4	2.6	5.3	3.5
Аномально холодні	1	0	1	0.9	0	0.9
Фастів						
Норма	36	38	38	67.9	71.7	71.7
Теплі	7	5	4	13.2	9.4	7.5
Холодні	7	8	8	13.2	15.1	15.1
Аномально теплі	3	2	2	5.7	3.8	3.8
Аномально холодні	0	0	1	0	0	1.9
Ягогин						
Норма	33	36	40	62.3	67.9	75.5
Теплі	8	4	4	15.1	7.5	7.5
Холодні	10	10	7	18.9	18.9	13.2
Аномально теплі	2	3	2	3.8	5.7	3.8
Аномально холодні	0	0	0	0	0	0
Полтава						
Норма	78	78	82	68.4	68.4	71.9
Теплі	13	11	13	11.4	9.6	11.4
Холодні	18	18	16	15.8	15.8	14
Аномально теплі	5	7	3	4.4	6.1	2.6
Аномально холодні	0	0	0	0	0	0
Лубни						
Норма	38	46	53	55.9	67.6	77.9
Теплі	16	5	5	23.5	7.4	7.4
Холодні	14	13	7	20.6	19.1	10.3
Аномально теплі	0	4	2	0	5.9	2.9
Аномально холодні	0	0	1	0	0	1.5
Суми						
Норма	75	84	83	65.8	73.7	72.8
Теплі	18	9	10	15.8	7.9	8.8
Холодні	17	15	15	14.9	13.2	13.2
Аномально теплі	3	6	5	2.6	5.3	4.4
Аномально холодні	1	0	1	0.9	0	0.9
Глухів						
Норма	35	39	38	66	73.6	71.7
Теплі	8	5	5	15.1	9.4	9.4
Холодні	8	6	8	15.1	11.3	15.1
Аномально теплі	2	3	1	3.8	5.7	1.9
Аномально холодні	0	0	1	0	0	1.9
Лебедин						
Норма	31	37	37	58.5	69.8	69.8
Теплі	11	5	4	20.8	9.4	7.5
Холодні	11	8	10	20.8	15.1	18.9
Аномально теплі	0	3	2	0	5.7	3.8
Аномально холодні	0	0	0	0	0	0
Ромни						
Норма	31	36	39	58.5	67.9	73.6
Теплі	13	5	5	24.5	9.4	9.4
Холодні	9	9	8	17	17	15.1
Аномально теплі	0	3	1	0	5.7	1.9
Аномально холодні	0	0	0	0	0	0
Тернопіль						
Норма	75	74	85	65.8	64.9	74.6
Теплі	17	16	15	14.9	14	13.2
Холодні	18	18	9	15.8	15.8	7.9
Аномально теплі	2	4	3	1.8	3.5	2.6
Аномально холодні	2	2	2	1.8	1.8	1.8

Продовження таблиці 4.11.

1	2	3	4	5	6	7
Харків						
Теплі	12	11	12	105	96	105
Холодні	19	13	16	167	11.4	14
Аномально теплі	6	7	5	5.3	6.1	4.4
Аномально холодні	0	1	1	0	0.9	0.9
Лозова						
Норма	78	76	80	68.4	66.7	70.2
Теплі	11	15	10	9.6	13.2	8.8
Холодні	18	16	18	15.8	14	15.8
Аномально теплі	6	6	5	5.3	5.3	4.4
Аномально холодні	1	1	1	0.9	0.9	0.9
Кам'янець-Подільський						
Норма	45	47	48	66.2	69.1	70.6
Теплі	10	11	7	14.7	16.2	10.3
Холодні	11	8	8	16.2	11.8	11.8
Аномально теплі	2	1	3	2.9	1.5	4.4
Аномально холодні	0	1	2	0	1.5	2.9
Нова Ушиця						
Норма	33	35	37	62.3	66	69.8
Теплі	8	9	5	15.1	17	9.4
Холодні	10	8	7	18.9	15.1	13.2
Аномально теплі	2	1	2	3.8	1.9	3.8
Аномально холодні	0	0	2	0	0	3.8
Шепетівка						
Норма	67	63	62	74.4	70	68.9
Теплі	11	13	11	12.2	14.4	12.2
Холодні	8	10	11	8.9	11.1	12.2
Аномально теплі	2	2	3	2.2	2.2	3.3
Аномально холодні	2	2	3	2.2	2.2	3.3
Черкаси						
Норма	57	62	65	66.3	72.1	75.6
Теплі	12	7	4	14	8.1	4.7
Холодні	12	12	12	14	14	14
Аномально теплі	5	5	4	5.8	5.8	4.7
Аномально холодні	0	0	1	0	0	1.2
Умань						
Норма	79	81	77	69.3	71.1	67.5
Теплі	13	9	11	11.4	7.9	9.6
Холодні	14	18	19	12.3	15.8	16.7
Аномально теплі	6	6	5	5.3	5.3	4.4
Аномально холодні	2	0	2	1.8	0	1.8
Чернівці						
Норма	74	73	86	64.9	64	75.4
Теплі	15	20	12	13.2	17.5	10.5
Холодні	20	17	11	17.5	14.9	9.6
Аномально теплі	4	2	4	3.5	1.8	3.5
Аномально холодні	1	2	1	0.9	1.8	0.9
Луцьк						
Норма	60	60	63	68.2	68.2	71.6
Теплі	10	12	12	11.4	13.6	13.6
Холодні	13	11	8	14.8	12.5	9.1
Аномально теплі	3	3	3	3.4	3.4	3.4
Аномально холодні	2	2	2	2.3	2.3	2.3
Житомир						
Норма	79	80	82	69.3	70.2	71.9
Теплі	16	12	13	14	10.5	11.4
Холодні	15	15	14	13.2	13.2	12.3
Аномально теплі	3	6	4	2.6	5.3	3.5
Аномально холодні	1	1	1	0.9	0.9	0.9
Івано-Франківськ						
Норма	43	45	47	66.2	69.2	72.3
Теплі	11	10	10	16.9	15.4	15.4
Холодні	10	8	5	15.4	12.3	7.7
Аномально теплі	1	1	1	1.5	1.5	1.5
Аномально холодні	0	1	2	0	1.5	3.1
Львів						
Норма	71	68	72	68.3	65.4	69.2
Теплі	15	13	19	14.4	12.5	18.3
Холодні	15	18	9	14.4	17.3	8.7
Аномально теплі	2	4	2	1.9	3.8	1.9
Аномально холодні	1	1	2	1	1	1.9
Рава-Руська						
Норма	44	44	48	64.7	64.7	70.6
Теплі	11	11	11	16.2	16.2	16.2
Холодні	11	11	6	16.2	16.2	8.8
Аномально теплі	1	1	2	1.5	1.5	2.9
Аномально холодні	1	1	1	1.5	1.5	1.5

Продовження таблиці 4.11.

1	2	3	4	5	6	7
Рівне						
Норма	48	48	46	69.6	69.6	66.7
Теплі	9	8	10	13	11.6	14.5
Холодні	9	9	10	13	13	14.5
Аномально теплі	2	3	2	2.9	4.3	2.9
Аномально холодні	1	1	1	1.4	1.4	1.4
Сарни						
Норма	46	44	46	67.6	64.7	67.6
Теплі	8	8	7	11.8	11.8	10.3
Холодні	11	11	11	16.2	16.2	16.2
Аномально теплі	2	4	3	2.9	5.9	4.4
Аномально холодні	1	1	1	1.5	1.5	1.5
Чернігів						
Норма	61	63	68	67	69.2	74.7
Теплі	16	8	9	17.6	8.8	9.9
Холодні	12	16	10	13.2	17.6	11
Аномально теплі	1	4	3	1.1	4.4	3.3
Аномально холодні	1	0	1	1.1	0	1.1
Семенівка						
Норма	52	38	40	98.1	71.7	75.5
Теплі	0	4	6	0	7.5	11.3
Холодні	0	8	6	0	15.1	11.3
Аномально теплі	1	3	1	1.9	5.7	1.9
Аномально холодні	0	0	0	0	0	0
Ужгород						
Норма	80	74	77	70.2	64.9	67.5
Теплі	17	20	18	14.9	17.5	15.8
Холодні	13	16	14	11.4	14	12.3
Аномально теплі	2	2	3	1.8	1.8	2.6
Аномально холодні	2	2	2	1.8	1.8	1.8
Євпаторія						
Норма	76	86	80	66.7	75.4	70.2
Теплі	16	9	12	14	7.9	10.5
Холодні	18	11	16	15.8	9.6	14
Аномально теплі	3	6	4	2.6	5.3	3.5
Аномально холодні	1	2	2	0.9	1.8	1.8
Керч						
Норма	72	81	81	63.2	71.1	71.1
Теплі	17	11	14	14.9	9.6	12.3
Холодні	20	14	14	17.5	12.3	12.3
Аномально теплі	4	5	3	3.5	4.4	2.6
Аномально холодні	1	3	2	0.9	2.6	1.8
Дніпропетровськ						
Норма	75	80	74	65.8	70.2	64.9
Теплі	12	11	15	10.5	9.6	13.2
Холодні	21	16	20	18.4	14	17.5
Аномально теплі	6	6	4	5.3	5.3	3.5
Аномально холодні	0	1	1	0	0.9	0.9
Комісарівка						
Норма	76	113	75	66.7	99.1	65.8
Теплі	14	0	18	12.3	0	15.8
Холодні	20	0	17	17.5	0	14.9
Аномально теплі	4	1	3	3.5	0.9	2.6
Аномально холодні	0	0	1	0	0	0.9
Кривий Ріг						
Норма	39	44	45	59.1	66.7	68.2
Теплі	12	7	9	18.2	10.6	13.6
Холодні	14	11	8	21.2	16.7	12.1
Аномально теплі	1	4	2	1.5	6.1	3
Аномально холодні	0	0	2	0	0	3
Синельникове						
Норма	33	34	36	62.3	64.2	67.9
Теплі	9	9	7	17	17	13.2
Холодні	9	8	8	17	15.1	15.1
Аномально теплі	2	2	1	3.8	3.8	1.9
Аномально холодні	0	0	1	0	0	1.9
Донецьк						
Норма	41	44	45	60.3	64.7	66.2
Теплі	13	14	9	19.1	20.6	13.2
Холодні	14	8	12	20.6	11.8	17.6
Аномально теплі	0	1	2	0	1.5	2.9
Аномально холодні	0	1	0	0	1.5	0

Продовження таблиці 4.11.

1	2	3	4	5	6	7
Одеса						
Норма	75	80	80	65.8	70.2	70.2
Теплі	19	13	10	16.7	11.4	8.8
Холодні	15	14	20	13.2	12.3	17.5
Аномально теплі	4	5	3	3.5	4.4	2.6
Аномально холодні	1	2	1	0.9	1.8	0.9
Болград						
Норма	44	49	43	64.7	72.1	63.2
Теплі	8	8	8	11.8	11.8	11.8
Холодні	13	8	13	19.1	11.8	19.1
Аномально теплі	3	2	3	4.4	2.9	4.4
Аномально холодні	0	1	1	0	1.5	1.5
Херсон						
Норма	70	82	74	63.1	73.9	66.7
Теплі	16	8	11	14.4	7.2	9.9
Холодні	19	13	21	17.1	11.7	18.9
Аномально теплі	4	7	4	3.6	6.3	3.6
Аномально холодні	2	1	1	1.8	0.9	0.9
Асканія-Нова						
Норма	40	49	47	58.8	72.1	69.1
Теплі	14	9	8	20.6	13.2	11.8
Холодні	14	9	9	20.6	13.2	13.2
Аномально теплі	0	0	2	0	0	2.9
Аномально холодні	0	1	2	0	1.5	2.9

Таблиця 4.12.

Повторюваність нормальних (близьких до середньої багаторічної характеристики клімату) ($\bar{t} - \sigma \leq t \leq \bar{t} + \sigma$), теплих ($\bar{t} + \sigma < t < \bar{t} + 2\sigma$), холодних ($t \leq \bar{t} - 2\sigma$), аномально теплих ($t \geq \bar{t} + 2\sigma$), аномально холодних ($t \leq \bar{t} - 2\sigma$) років за весь період інструментальних спостережень (1901–2013 рр.) у зимові місяці на території України

Характеристика	Місяці					
	Грудень	Січень	Лютий	Грудень	Січень	Лютий
	Кількість років			У відсотковому відношенні		
Вінниця						
Норма	81	79	89	71.1	69.3	78.1
Теплі	18	17	13	15.8	14.9	11.4
Холодні	11	12	6	9.6	10.5	5.3
Аномально теплі	1	1	2	0.9	0.9	1.8
Аномально холодні	3	5	4	2.6	4.4	3.5
Київ						
Норма	79	73	83	69.3	64	72.8
Теплі	14	17	12	12.3	14.9	10.5
Холодні	15	18	13	13.2	15.8	11.4
Аномально теплі	2	1	2	1.8	0.9	1.8
Аномально холодні	4	5	4	3.5	4.4	3.5
Фастів						
Норма	37	35	39	69.8	66	73.6
Теплі	7	10	5	13.2	18.9	9.4
Холодні	7	6	6	13.2	11.3	11.3
Аномально теплі	0	0	1	0	0	1.9
Аномально холодні	2	2	2	3.8	3.8	3.8
Яготин						
Норма	35	36	36	66	67.9	67.9
Теплі	9	8	9	17	15.1	17
Холодні	7	7	5	13.2	13.2	9.4
Аномально теплі	0	0	1	0	0	1.9
Аномально холодні	2	2	2	3.8	3.8	3.8
Полтава						
Норма	80	77	84	70.2	67.5	73.7
Теплі	13	18	13	11.4	15.8	11.4
Холодні	15	12	9	13.2	10.5	7.9
Аномально теплі	3	1	2	2.6	0.9	1.8
Аномально холодні	3	6	6	2.6	5.3	5.3
Лубни						
Норма	48	50	54	70.6	73.5	79.4
Теплі	7	9	6	10.3	13.2	8.8
Холодні	10	5	4	14.7	7.4	5.9
Аномально теплі	1	0	1	1.5	0	1.5
Аномально холодні	2	4	3	2.9	5.9	4.4

Таблиця 4.12а.

Повторюваність нормальних (близьких до середньої багаторічної характеристики клімату) ($\bar{t} - \sigma \leq t \leq \bar{t} + \sigma$), теплих ($\bar{t} + \sigma < t < \bar{t} + 2\sigma$), холодних ($t \leq \bar{t} - 2\sigma$), аномально теплих ($t \geq \bar{t} + 2\sigma$), аномально холодних ($t \leq \bar{t} - 2\sigma$) років за два періоди 1901–1975 рр. та 1976–2013 рр. по метеостанції "Київ"

Характеристика	Місяці					
	Грудень	Січень	Лютий	Грудень	Січень	Лютий
	Кількість років			У відсотковому відношенні		
Вінниця						
Норма	81	79	89	71.1	69.3	78.1
Теплі	18	17	13	15.8	14.9	11.4
Холодні	11	12	6	9.6	10.5	5.3
Аномально теплі	1	1	2	0.9	0.9	1.8
Аномально холодні	3	5	4	2.6	4.4	3.5
Київ						
Норма	79	73	83	69.3	64	72.8
Теплі	14	17	12	12.3	14.9	10.5
Холодні	15	18	13	13.2	15.8	11.4
Аномально теплі	2	1	2	1.8	0.9	1.8
Аномально холодні	4	5	4	3.5	4.4	3.5
Фастів						
Норма	37	35	39	69.8	66	73.6
Теплі	7	10	5	13.2	18.9	9.4
Холодні	7	6	6	13.2	11.3	11.3
Аномально теплі	0	0	1	0	0	1.9
Аномально холодні	2	2	2	3.8	3.8	3.8
Яготин						
Норма	35	36	36	66	67.9	67.9
Теплі	9	8	9	17	15.1	17
Холодні	7	7	5	13.2	13.2	9.4
Аномально теплі	0	0	1	0	0	1.9
Аномально холодні	2	2	2	3.8	3.8	3.8
Полтава						
Норма	80	77	84	70.2	67.5	73.7
Теплі	13	18	13	11.4	15.8	11.4
Холодні	15	12	9	13.2	10.5	7.9
Аномально теплі	3	1	2	2.6	0.9	1.8
Аномально холодні	3	6	6	2.6	5.3	5.3
Лубни						
Норма	48	50	54	70.6	73.5	79.4
Теплі	7	9	6	10.3	13.2	8.8
Холодні	10	5	4	14.7	7.4	5.9
Аномально теплі	1	0	1	1.5	0	1.5
Аномально холодні	2	4	3	2.9	5.9	4.4
Суми						
Норма	75	75	84	65.8	65.8	73.7
Теплі	16	20	12	14	17.5	10.5
Холодні	19	14	11	16.7	12.3	9.6
Аномально теплі	1	1	2	0.9	0.9	1.8
Аномально холодні	3	4	5	2.6	3.5	4.4
Глухів						
Норма	35	35	36	66	66	67.9
Теплі	8	8	8	15.1	15.1	15.1
Холодні	9	8	8	17	15.1	15.1
Аномально теплі	0	0	0	0	0	0
Аномально холодні	1	2	1	1.9	3.8	1.9
Лебедин						
Норма	36	37	35	67.9	69.8	66
Теплі	7	7	9	13.2	13.2	17
Холодні	9	7	6	17	13.2	11.3
Аномально теплі	0	0	1	0	0	1.9
Аномально холодні	1	2	2	1.9	3.8	3.8
Ромни						
Норма	35	37	39	66	69.8	73.6
Теплі	7	8	8	13.2	15.1	15.1
Холодні	9	6	4	17	11.3	7.5
Аномально теплі	0	0	1	0	0	1.9
Аномально холодні	2	2	1	3.8	3.8	1.9
Тернопіль						
Норма	77	79	80	67.5	69.3	70.2
Теплі	20	16	15	17.5	14	13.2
Холодні	10	14	12	8.8	12.3	10.5
Аномально теплі	1	1	2	0.9	0.9	1.8
Аномально холодні	6	4	5	5.3	3.5	4.4
Харків						
Норма	76	75	79	66.7	65.8	69.3
Теплі	16	21	18	14	18.4	15.8
Холодні	17	12	11	14.9	10.5	9.6

Таблиця 4.126.

Повторюваність нормальних (близьких до середньої багаторічної характеристики клімату) ($\bar{t} - \sigma \leq t \leq \bar{t} + \sigma$), теплих ($\bar{t} + \sigma < t < \bar{t} + 2\sigma$), холодних ($\bar{t} - 2\sigma < t < \bar{t} - \sigma$), аномально теплих ($t \geq \bar{t} + 2\sigma$), аномально холодних ($t \leq \bar{t} - 2\sigma$) років за два періоди 1901–2013 рр. та 1991–2013 рр. по метеостанції “Київ”

Холодний період				Теплий період			
Норма (%)				Норма (%)			
Роки	I	II	XII	Роки	VI	VII	VIII
1901–2013	69	64	73	1901–2013	69	69	69
1991–2013	78	70	70	1991–2013	65	61	78
Теплі роки (%)				Теплі роки (%)			
Роки	I	II	XII	Роки	VI	VII	VIII
1901–2013	12	15	11	1901–2013	14	9	9
1991–2013	9	13	18	1991–2013	13	13	9
Холодні роки (%)				Холодні роки (%)			
Роки	I	II	XII	Роки	VI	VII	VIII
1901–2013	13	16	12	1901–2013	13	18	18
1991–2013	4	9	9	1991–2013	18	22	9
Аномально теплі роки (%)				Аномально теплі роки (%)			
Роки	I	II	XII	Роки	VI	VII	VIII
1901–2013	2	1	2	1901–2013	3	5	4
1991–2013	0	4	0	1991–2013	4	4	4
Аномально холодні роки (%)				Аномально холодні роки (%)			
Роки	I	II	XII	Роки	VI	VII	VIII
1901–2013	4	5	4	1901–2013	1	0	1
1991–2013	9	4	4	1991–2013	0	0	0

них і теплих зим на території України. На основі аналітичного опрацювання наукових джерел наведені можливі причини їх формування. Одна із важливих причин формування холодних зим в Європі, в тому числі в Україні, пов'язана з розпрісненням вод Північної Атлантики і з відповідною зміною інтенсивності течій системи Гольфстрім. Саме це могло бути початком сучасного потепління клімату.

Наведено каталоги повторюваності нормальних, теплих, холодних, аномально теплих та аномально холодних років літом та зимою з 1901 по 2013 р. по території України. Дані цих каталогів можуть бути використані в прогностичних цілях ведення господарської діяльності в Україні при сучасному кліматі.

4.2.2 Просторово-часові закономірності зміни опадів на території України за період інструментальних спостережень

Протягом 1900–2013 рр. деякі зміни торкнулися такої характеристики клімату, як опади. Кількість атмосферних опадів збільшилась на 0.5–1.0% на більшій частині території континентів у середніх і високих широтах Північної півкулі. Єдиної і спільної закономірності в змінах кількості опадів на земній кулі не відмічено, що пояснюється значною неоднорідністю атмосферних полів у різних фізико-географічних зонах та різноманітністю факторів і умов, які призводять до їх утворення і випадання. Відомо, що річна кількість атмосферних опадів на Землі збалансована випаровуванням і становить 1 130 мм. Немає підстав вважати, що з потеплінням глобального клімату зміниться цей баланс, тому що досить велику частину займають океани та моря, тобто запас води на Землі необмежений. У глобальному масштабі дефіциту вологи не може бути. Але слід зазначити, що може відбутися перерозподіл опадів між різними ча-

стинами земної кулі. За такий перерозподіл відповідає циркуляція атмосфери, яка зазнає змін [62].

На території України норма опадів складає 580–600 мм/рік. Це наполовину менше середньої глобальної кількості і становить одну третину від середнього значення для відповідного помірної поясу. Опади — дуже мінлива величина і в просторі і часі, кожен регіон України має свої особливості режиму зволоження. Південь і південний схід — регіон недостатнього режиму зволоження; північ, північний захід і гірські райони Карпат — регіон надмірного зволоження. Найкращою ситуацією в умовах потепління клімату щодо зміни режиму зволоженості на нашій території є збереження того стану, який склався наприкінці ХХ ст., з повільним вирівнюванням розподілу опадів по території України, збільшення опадів на 10–20% у південних і південно-східних районах та їх зниження у північно-західних районах [62].

Було розглянуто наявність тенденцій опадів у період максимального глобального потепління за середніми місяцями зими, весни, літа та осені. Ці дані свідчать лише про значну мінливість опадів як у часі, так і в просторі.

К. Т. Логвіновим, М. Б. Барабаш [73] було проведено дослідження опадів на періодичність. За їхніми даними розгляд коливань опадів у часі наступний: у зміні річних сум опадів є декілька основних періодів, причому їх тривалість на станціях, які розглядалися досить близька: 9–11, 13–14, 18–19, 21–22 і 27–28 років. Досліджувати цим способом періодичність змін елементів з періодом понад 30 років не є можливим, тому що існує обмеженість використаного ряду спостережень (близько 80–100 років). Збіг тривалості періодів у зміні кількості опадів на різних станціях, розташованих на значній відстані одна від одної, свідчить про спільні причини цих змін, якими можуть бути багаторічні цикли в змінах сонячної активності (11 років,

22 роки), вулканічної діяльності або коливань атмосферної циркуляції з періодом близько 28 років, які викликані іншими причинами. Періоди змін опадів із вказаною вище тривалістю виявляються і при аналізі сезонних величин [73]. Отже, на території України найбільш яскраво виражені 11–22-річні цикли. Ця закономірність зберігається і зараз. Не зважаючи на те, що періодичність в рядах опадів має в основному діагностичне значення, у всьому світі опади при глобальному потеплінні не прогножуються. Немає такої закономірності, коли при зростанні температури підвищуються опади. Але періодичність в рядах опадів все ж таки може давати уявлення і про можливі коливання кількості опадів у найближчому майбутньому. Тобто квазіперіодичні коливання кількості опадів у часі поки є основною їх закономірністю. Але це припущення надалі може не зберегтися за умов подальшого розвитку глобального потепління.

Попередні дослідження [18, 62] показали, що на відміну від температури в багаторічному ході опадів немає вираженої тенденції. Тренд або трошки підвищується, або знижується. Бувають і піки, і тут же йде зниження (рис. 4.6).

Не змінюється і середньомісячна кількість опадів. Але слід зазначити, що при підвищенні температури збільшуються стихійні опади.

Одночасний розгляд зміни глобальної температури повітря і річної кількості опадів в Україні показує, що зв'язок між цими двома змінними не є лінійним. Це ускладнює прогнозування тенденції режиму зволоження на майбутнє. Прогнозування тенденції змін опадів на майбутнє з допомогою закономірностей, які отримані шляхом аналізу емпіричних рядів спостережень за опадами не завжди однозначне.

Висновки

На підставі викладеного можна констатувати таке. У рядах опадів виявлено не стільки детерміновані зміни, скільки коливання з різними періодами часу. Основні з них 11–12-річні і кратні йому 22, 24. Тобто режим зволоження знаходиться в межах кліматичної норми. Водночас у середині місяця мінливість опадів залишається значною, з високою ймовірністю випадання сильних дощів протягом доби, особливо в теплий період року.

4.2.3. Кліматичні умови початку XXI ст.

Як уже зазначалось, характерним для клімату XXI ст. є зростаюча кількість погодних і кліматичних аномалій, все частіше говориться про те, що те чи інше атмосферне явище або атмосферні умови за місяць і навіть сезон не відмічалися за весь період спостережень або відмічалися дуже рідко. Аномалії не обмежуються високими і помірними широтами, вони охоплюють і низькі широти — субтропіки і тропіки, виникають в обох півкулях. Потепління кліматичної системи є безсумнівним, оскільки воно фіксується спостереженнями за підвищенням середньорічних температур повітря та океану, поширеним таненням снігів та льодовиків та підняттям середнього рівня Світового океану [46]. У доповіді ВМО за 2000–2010 рр. експерти відмічають безпрецедентне нагрівання поверхні Землі в XXI ст. Клімат у деяких країнах побив рекорди самих високих температур на планеті. Температура вище норми зафіксована практично у всіх країнах. ВМО відмітила, що екстремальні кліматичні явища, такі як паводки, суворі засухи, снігові бурі, були зареєстровані у багатьох частинах світу. Організація Об'єднаних Націй визнала прискорення потепління на Землі [46, 110]. Дуже мало ймовірно, що ситуація, яка склалася в кліматичній системі, найближчим часом різко зміниться.

На початку XXI ст. термічний режим залишиться залежним від антропогенного росту концентрації вуглекислого газу в атмосфері. На сьогодні не має цілковитої достовірності ні одного іншого природного чи антропогенного фактора, ймовірні зміни якого могли б викликати коливання термічного режиму протягом 50-ти останніх років. З огляду на специфічні кліматичні особливості першого десятиріччя XXI ст., слід звернути на це особливу увагу. Для спрощення процедури аналізу регіональної температури в перше десятиріччя XXI ст. по території України наведено середні узагальнені дані відхилення температури повітря (Δt , °C) від кліматичної норми за всіма місяцями з 2001 по 2013 р. (табл. 4.13).

Усі річні аномалії в XXI ст. були позитивними. За окремими сезонами та місяцями ситуація буде іншою. В цілому, щорічна зима і за окремими місяцями має додатну аномалію. Останні 12–13 років лише в окремих місяцях спостерігається від'ємна

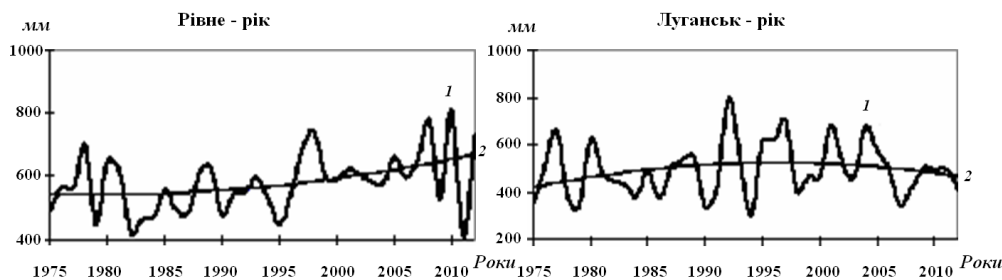


Рис. 4.6. Багаторічний хід опадів (мм) за період 1975–2012 рр. на окремих станціях України: 1 — п'ятирічні дані, 2 — тренд

аномалія. Як видно з табл. 4.13, додатна аномалія перебиває три-, п'яти- і дванадцятирічні природні цикли коливань. Дані таблиці також свідчать про досить стрімкий процес потепління клімату в Україні з початку XXI ст. До цього потрібно адаптуватися, готуватися і розуміти, що по-іншому не буде при таких умовах і темпах підвищення температури у найближчі 10–25 років.

В умовах сучасного клімату що стосується опадів початку XXI ст. в Україні, то сума опадів за місяцями та за рік відносно близька до стандартної кліматичної норми, лише простежується перерозподіл кількості опадів за окремі місяці та сезони. На рис. 4.7, 4.8 наведено кількість опадів (% норми) у періоди 2001–2005 та 2006–2010 рр. за середніми місяцями, де візуально добре видно збільшення кількості опадів у жовтні.

Висновки

Таким чином, оцінка температурного режиму XXI ст. в Україні свідчить про значну його аномальність відносно кліматичної норми. В більшості місяців спостерігається позитивна аномалія температури. Від'ємна аномалія температури повітря відмічається лише в грудні. Це говорить про активізацію процесу потепління клімату в Україні, особливо в Степовій зоні в першій половині XXI ст.

4.2.4. Інформація про екстремальні кліматичні явища в XXI ст. на території України

Як правило, поряд з вивченням мінливості середніх величин кліматичних параметрів не менш вагоме, а навіть більше значення мають дослідження екстремальних характеристик клімату. На початку XXI ст. проблема вивчення стихійних метеорологічних явищ стала більш актуальною у зв'язку зі значним збільшенням кількості випадків та тривалості цих явищ, що пов'язано зі змінами у кліматичній системі, зумовленими як природними, так і антропогенними факторами. Така ситуація викликає занепокоєння світового співтовариства, окрім значних матеріальних втрат, вона може призвести до зміни соціально-економічних та екологічних умов життєдіяльності людини.

За своєю природою екстремальні події можна умовно поділити на дві групи. Перша — це екстремальні явища в масштабах синоптичних процесів, тобто, які мають порядок від годин до доби у часі, від десятків до сотень кілометрів на великих територіях. До них відносяться урагани, смерчі, паводки та інші локальні явища — це сильні зливи та дуже сильні дощі, дуже сильні снігопади, сильний вітер, шквали, великий град, сильні хуртовини, сильна ожеледь. Вони призводять до екстремальних ситуацій, травм, посттравматичних стресів, інших порушень здоров'я. Друга група — це екстре-

мальні події у місячних часових і регіональних територіальних масштабах (сезонні засухи, аномальні холодні зими і т. п.). Вони призводять до так званих непрямих наслідків впливу на життя і здоров'я людини. Прикладом непрямих наслідків можуть бути засухи весняно-літнього періоду в зернових районах України. Одними з таких років були 2003, 2009 рр., які показали уразливість сільського господарства до погодних умов. Це, в свою чергу, вплинуло на посилення соціальної напруги серед населення.

Особливості географічного положення України, синоптичних процесів та велика різноманітність кліматичних умов сприяють частому виникненню стихійних метеорологічних явищ і зумовлюють надзвичайну складність їх у просторі і часі. Стихійні метеорологічні явища зазвичай спостерігаються у комплексі, що значно посилює їх негативний вплив.

Змістовні дослідження стихійних явищ проведені В. І. Осадчим, В. М. Бабіченко в УкрНДГМІ [93, 104]. За аналізом публікацій цих авторів можна зробити висновок, що одночасно з підвищенням температури кількість стихійних явищ з року в рік збільшується, іноді вони мають катастрофічний характер. Було взято дані з монографії [104] і доповнено даними за останніх 2 роки. Проведено порівняння переліку стихійних явищ на території України, частота яких зазнала зміни за п'ятиріччя (1984–1990 рр.), з якого почалося чітке збільшення стихійних явищ, і за період 2006–2012 рр. В період найбільш інтенсивного потепління відбулося зростання частоти стихійних явищ і у порівнянні з минулими роками змінилося співвідношення стихійних явищ (рис. 4.9).

Кількість стихійних явищ збільшилась на 7–15%, крім такого явища, як сильний туман (33%) (рис. 4.9). До цього часу стихійні явища вивчалися з огляду синоптичних умов, які викликало це стихійне явище. Але об'єктивно слід вивчати особливо попередні фактори й умови, які привели до стихійного явища, у тому числі антропогенні фактори регіонального масштабу, тобто коли порушується екологічна рівновага, забудова пойми, відбувається деградація ґрунтового покриву, вирубка лісів та ін.

Нема підстав очікувати зменшення негативно впливу несприятливих гідрометеорологічних умов і явищ. Враховуючи екологічну ситуацію країни, існуючу щільність населення, за подальшої еміграції результат впливу метеорологічних стихійних явищ може бути значнішим, ніж був раніше.

Використовуючи аналіз сучасної динаміки температури повітря в Україні, проаналізувавши довгоперіодні регіональні закономірності (тренд), зроблена спроба дати емпірико-статистичний (кліматичний) прогноз на наступні 15–20 років на основі емпіричних даних.

Таблиця 4.13.

Відхилення температури повітря (Δt , °C) від кліматичної норми з 2001 по 2013 р. за всіма місяцями по території України

2001 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 5.0	1.7	3.1	2.0	-1.0	-1.5	4.4	2.2	0.2	1.2	0.1	-5.3	1.0
2002 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 2.2	6.1	4.6	0.6	1.0	0.3	4.0	1.2	0.6	-0.4	1.8	-5.9	1.3
2003 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 1.4	-3.2	-0.9	-1.8	2.9	-0.2	0.5	0.6	0.3	-0.5	1.3	0.9	0.1
2004 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 2.5	2.0	3.2	0.2	-1.8	-1.1	0.1	1.0	0.2	1.1	0.8	2.3	0.8
2005 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I -0.5	-0.7	-1.9	1.4	1.4	0.7	1.3	1.4	1.8	1.1	0.3	1.8	0.6
2006 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I -2.6	-1.9	-0.4	0.5	0.6	0.9	0.6	2.6	1.1	1.6	0.6	0.9	0.4
2007 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 7.4	0.7	4.7	-0.1	2.7	2.3	2.4	3.3	0.9	1.8	-1.4	1.2	2.2
2008 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 3.7	5.7	4.4	2.2	-0.1	1.4	2.1	3.3	0.3	3.5	1.9	2.9	2.6
2009 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 2.9	3.7	2.2	2.7	0.0	2.0	2.5	1.0	2.8	1.3	3.0	0.1	2.0
2010 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I -2.5	1.0	1.6	2.3	2.5	3.1	4.7	5.1	0.7	-1.8	5.7	-2.0	1.7
2011 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 3.9	-1.1	1.3	1.8	1.5	2.9	2.7	1.4	2.1	-0.5	0.5	4.7	1.8
2012 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I 2.0	-6.0	2.8	3.2	3.1	2.4	4.0	2.3	2.5	1.9	3.1	-2.8	1.5
2013 р.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
I -1.5	-3.6	-1.0	1.6	3.7	3.4	1.4	1.5	-1.5	1.6	4.2	1.9	1.1

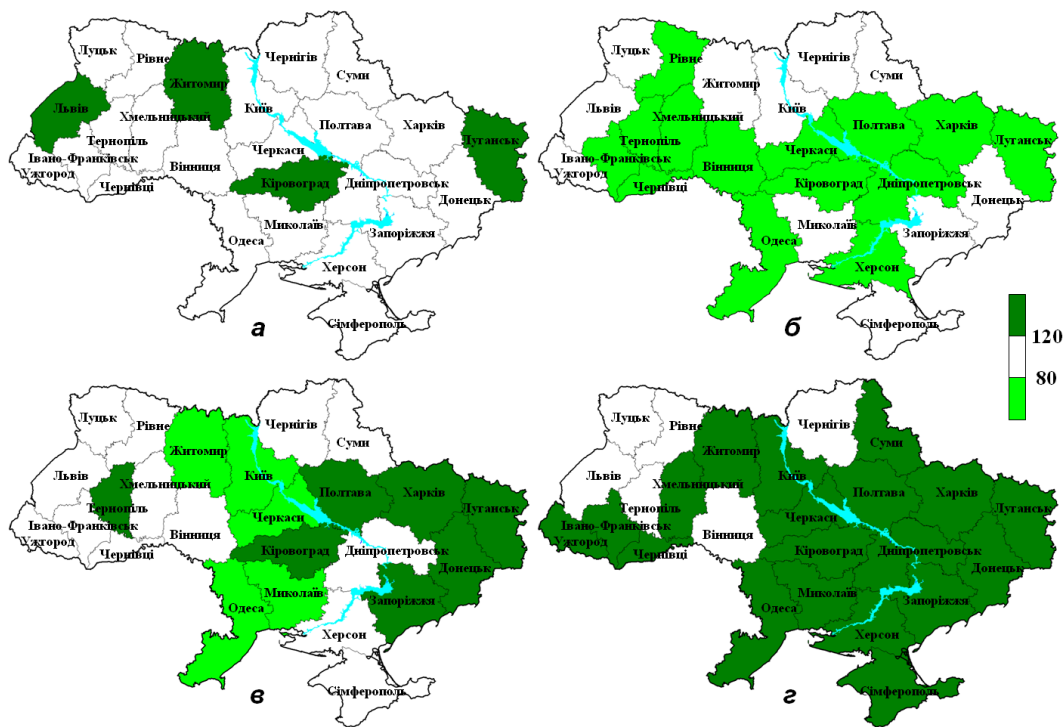


Рис. 4.7. Кількість опадів (% норми) у період 2001–2005 рр. за середніми місяцями сезону: а — січень, б — квітень, в — липень, г — жовтень (відсоток опадів менше норми: < 80%; відсоток опадів в межах норми: 80–120%, відсоток опадів більше норми: >120%)

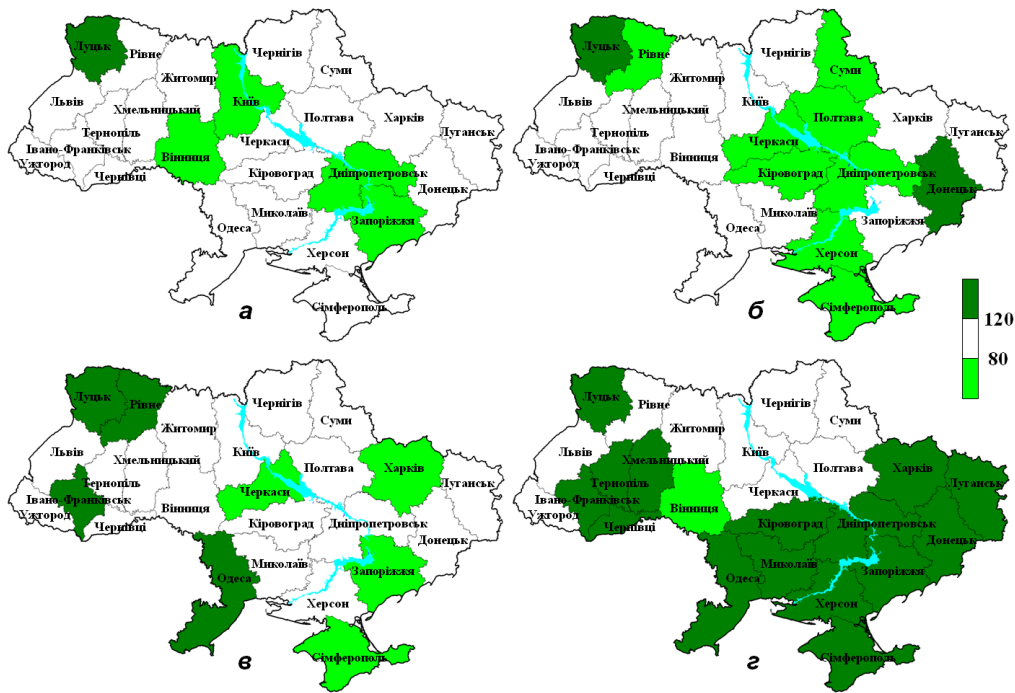


Рис. 4.8. Кількість опадів (% норми) у період 2006–2010 рр. за середніми місяцями сезону: а — січень, б — квітень, в — липень, г — жовтень (відсоток опадів менше норми: < 80%; відсоток опадів в межах норми: 80–120%, відсоток опадів більше норми: > 120%).

Висновки

Використовуючи накопичені досвід і знання, а також власні розрахунки про частоту стихійних явищ в Україні, зроблено висновок, що в найближчі два десятиріччя не слід очікувати зменшення негативного впливу несприятливих гідрометеорологічних умов і стихійних явищ. Їх збільшення прогнозується на 7–11%. Враховуючи екологічну ситуацію в Україні, наслідки впливу метеорологічних стихійних явищ можуть бути значніші, ніж були раніше.

Зміни глобального клімату це є сукупність його регіональних змін різних часових і просторових масштабів. У зв'язку з цим розробка прогнозів (сценаріїв) зміни клімату в конкретному регіоні повинна здійснюватися з урахуванням глобальних змін і мікропроцесів на всій земній кулі. В довгоперіодних процесах (процесах кліматичного масштабу) атмосфера виступає як єдина система, всі частини якої тісно взаємодіють одна з одною. Внаслідок взаємодії еволюція однієї частини атмосфери визначається не тільки її власним станом, але і станом окремих частин, тобто довгоперіодні атмосферні процеси неминує глобальні [3, 4, 76, 99, 106].

Таким чином, зміни клімату в Україні відбуваються на фоні глобальних змін, пов'язаних з природними та антропогенними факторами. Відповідно, що і причини зміни регіонального клімату одночасно глобальні і регіональні не тільки за масштабом, але і посилюються регіональним парниковим ефектом. У зв'язку з цим діагноз і прогноз зміни

клімату в Україні повинні здійснюватися в контексті глобальних змін в атмосфері, гідросфері, криосфері, літосфері та біосфері. Слід відмітити, що припущення про можливе потепління клімату у зв'язку з посиленням антропогенного фактора з'явилось “у світі” і конкретно на території України тоді, коли він ще себе практично не проявив. Про це свідчать роботи К. Т. Логвінова, М. Б. Барабаш [70, 73]. На сьогоднішній час під егідою ВМО і ЮНЕП розроблено декілька можливих сценаріїв таких змін [109]. Всі вони вказують на глобальне потепління клімату в ХХ і на початку поточного ХХІ ст. Прогнозується швидкість змін глобальної температури в ХХІ столітті близько 0,3°C за десятиріччя. Через вплив інших факторів ріст температури, звичайно, не буде постійним [109].

Необхідно зазначити, що існуючі прогнози (сценарії) зміни клімату мають експериментальний характер. Це пов'язано з тими обставинами, що фізичні основи прогнозів ще недостатньо розроблені. Суттєві невизначеності розроблених сценаріїв змін клімату пов'язані з недостатнім розумінням: джерел і стоків ПГ; ролі хмарності, яка суттєво змінює амплітуду кліматичних змін; ролі океанів, що визначають особливості змін клімату; ролі полярних льодових щитів, які визначають ріст рівня моря. Величина зареєстрованого глобального потепління близька до тієї, яку дають прогностичні кліматичні моделі, але вона суттєво не відрізняється від величини природної мінливості. Ця обставина вказує на те, що не можна однозначно стверджувати, що сучасне потепління пов'язано тільки з ростом ПГ в атмосфері.

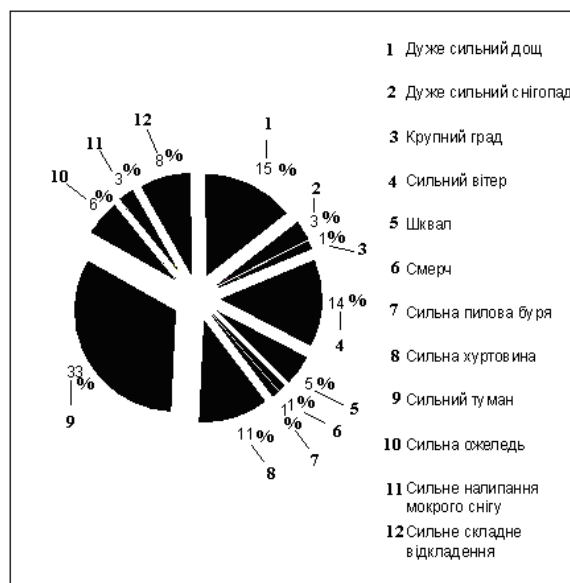


Рис. 4.9. Збільшення частоти стихійних явищ у порівнянні з кінцем XX ст. на території України [68]

4.3. Прогнозовані зміни клімату

На фоні загального потепління різко зростуть внутрішньорічні (міжсезонні) і міжрічні коливання температури й опадів. Для Північної півкулі найбільш ймовірні величини потепління до кінця століття сягатимуть 3.0–5.0°C, що дещо перевищує значення показників глобального потепління. Континентальні поверхні будуть нагріватися швидше, ніж океанічні, а температура високих широт суттєво більше підніметься, ніж у нижніх [110].

Основний механізм, який відповідає за довгоперіодні кліматичні аномалії, визначається взаємодією системи «океан–атмосфера». В цій системі виникають автоколивання. Останні можуть модулюватися зовнішніми періодичними або квазіперіодичними джерелами, такими як сонячна активність, вулканічна діяльність.

Як зазначалось у попередніх розділах, в останні роки одним із основних предикторів приймається антропогенна діяльність, яка призводить до зміни газового та аерозольного складу атмосфери, а також властивостей підстильної поверхні, що відповідальна насамперед за формування трендових складових у змінах клімату. Якщо викиди ПГ протягом XXI ст. продовжаться на теперішньому рівні або перевищать його, це призведе до подальшого потепління і спричинить численні зміни у глобальній кліматичній системі, які, дуже ймовірно, будуть серйознішими і глибшими, ніж відповідні зміни клімату у XX ст.

За оцінками, в найближчі 20–50 років прогнозується зміна глобального клімату в напрямі потепління. При цьому в найближчі 10–15 років прогнозується перехідний період, в якому на фоні загального потепління різко зростуть внутрішньорічні

(міжсезонні) та міжрічні коливання температури та опадів, тобто аномально сильні морози взимку на фоні аномально спекотного літа при дуже нестійкій погоді весною та восени. П. М. Хомяков на основі своїх дослідів робить висновок: потепління, що спостерігається, не є тривалим та відбувається на фоні глобального похолодання. Похолодання переломить тенденцію до потепління, але в довгостроковій перспективі [76].

Для розробки прогнозів найбільш вірогідної зміни, тобто сценаріїв глобального і регіонального клімату, можна використовувати статистичні і динамічні моделі. Серед статистичних підходів найбільш простим є метод екстраполяції часових рядів, який визначається стаціонарністю ряду і величиною квазіперіодичної варіації, що зумовлена зовнішніми і внутрішніми факторами. Привабливість методу екстраполяції періодичності (циклічності) полягає в тому, що він дозволяє передбачити клімат з деякою завчасністю. Хоча метод і не виділяє роки екстремальних кліматичних явищ, але він дозволяє передбачити систематичні тенденції зміни клімату. Доступність інформації в даний момент не є критичним обмеженням для таких прогнозів. В останні роки теоретичні і емпіричні періодичності описані в багатьох працях [3, 4, 51, 60, 74, 76, 89], і хоча внесок цих періодичностей в загальну мінливість кліматичних характеристик не дуже великий, використання їх в довгоперіодних прогнозах має під собою певне фізичне підґрунтя.

В рамках Всесвітньої програми досліджень клімату був організований безпрецедентний за своїми масштабами і кількістю учасників проект з аналізу прогнозів клімату за допомогою моделей загальної циркуляції атмосфери та океану — СМІР (Coupled Model Intercomparison Project). Основу даного про-

екту складають розрахунки клімату ХХ століття для заданих концентрацій парникових газів та аерозолів, отриманих в результаті спостережень та вимірів а також розрахунків зміни клімату в ХХІ столітті для різних сценаріїв зміни цих концентрацій. Всього в проєкті взяло участь більше двох десятків моделей загальної циркуляції атмосфери та океанів (МЗЦАО), розроблених у відомих дослідницьких центрах світу, багато з яких представили результати ансамблевих розрахунків (від різних початкових умов) для кожного типу чисельного експерименту [110]. Для території України розроблення сценаріїв клімату на довгострокову перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей виконано колективом науковців УкрНДГМІ [92] та в наукових дослідженнях М. І. Кульбиди [65].

Практичний інтерес становлять кліматичні прогнози, які можна отримати осередненням гідрометеорологічних даних по території, а не для окремих станцій. При цьому достовірність такого передбачення зменшується у міру збільшення періоду екстраполяції, оскільки з часом зв'язки минулого з майбутнім потроху розмиваються за рахунок включення нових факторів або зміни характеру їх дії.

Прогноз, розроблений з допомогою лінійної екстраполяції, повинен постійно уточнюватися. Необхідно також брати до уваги, що такий антропогенний фактор клімату, як ПГ, який забезпечує висхідний тренд температури за останні десятиріччя, не є єдиним. Висхідний тренд температури може бути трансформований за рахунок безперервного росту вмісту в атмосфері аерозолу антропогенного походження, а також короткоперіодичного, але здебільшого дуже потужного викиду в атмосферу аерозолу природного (вулканічного) походження. Потрібно враховувати зміну припливу радіації за рахунок сонячної активності та наявності інших циклів [74]. Якщо в кліматичній системі протягом тривалого періоду часу діє деякий фактор (наприклад, викиди в атмосферу ПГ), то безумовно, можна зробити припущення, що можуть бути деякі наслідки впливу цього фактора виходячи з фізичної природи зазначеного явища. Найбільш помітним є фактор зміни складу атмосфери повітря в глобальному масштабі.

Найбільш близькими до реальних виявилися зміни температури повітря, розраховані за вибірками тривалістю 20 і 30 років.

На думку вчених [4, 25, 26, 44, 51, 60, 86, 89], сучасні методи інтерпретації зміни клімату базуються на порівнянні спостережень за змінами переважно даних минулого століття з результатами розрахунків по моделях загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО), в яких послідовно враховуються ті антропогенні і природні зовнішні впливи, які спостерігаються. При цьому використовуються статистичні критерії, які дозволяють встановити, чи містять спостереження ознаки очікуваної реакції на зовнішні впливи, які

помітно відрізняються від проявів внутрішньо-кліматичної мінливості. Головна увага приділяється аналізу змін температури повітря в атмосфері, у поверхні суходолу та океану. Можливість проаналізувати мінливість інших змінних у ряді випадків обмежена недостатнім фізичним розумінням кліматичної системи і недоліками системи спостережень, які не дозволяють отримати достатньо точну інформацію (це відноситься, наприклад, до кількості опадів). Там, де таке обмеження існує, вчені пропонують теоретичне моделювання. Слід зазначити, що в Україні досить розвинута система спостережень за кліматом. Україна має велику мережу інструментальних спостережень, дані якої після експертної оцінки ЦГО доцільно використовувати не тільки у прогнозах погоди, але і в кліматичних прогнозах. Крім того, з часу виходу в світ відомостей про глобальне потепління, дослідження в Україні мають свою історію. Реалістичні сценарії клімату до 2010 року для України побудовані у 1985 році М. Б. Барабаш [21], П. Я. Гройсманом [43]. Вони виконані на підґрунті методичних підходів К. Т. Логвінова, було досліджено структурний зв'язок між глобальною і регіональною температурою повітря. Перегляд та аналіз їх показав, що на сьогоднішні сценарії потребують уточнень. Нещодавно опубліковано ряд досліджень М. Б. Барабаш, М. І. Кульбиди, Л. О. Єлістратової [11, 20, 67, 104], присвячених найбільш реалістичним сценаріям зміни клімату майбутнього, які базуються на емпірико-статистичних розрахунках та існуючих довідникових матеріалах і є адаптованими для конкретного регіону України з урахуванням одночасного приросту температури у глобальному і регіональному масштабах. У зв'язку з активізацією глобального та особливо регіонального (Україна) потепління у ХХІ ст. потрібно деяке корегування прибавок температури повітря.

Прогнозування клімату як багаторічного режиму погоди на найближчі 30 років — це справа, що закладена в самій класичній кліматології. Безумовно, цінність багаторічних даних про клімат безперечна. Дійсно для розробки сучасного напрямку теорії клімату, що включає в себе прогноз зміни клімату, спостереження за метеорологічними елементами має не просто важливе значення, а вирішальне. Відомо, що похибки математичного моделювання складаються у ряд похибок. По-перше, це похибки самої моделі, які обумовлені тим, що реальний об'єкт вона описує схематично. По-друге, будь-яка математична обробка інформації має стандартні похибки, тобто перехід до обчислювальної схеми, як правило, пов'язаний з певними відхиленнями від математичної моделі. По-третє, це похибки самих вихідних даних результатів спостережень за метеорологічними величинами (елементами). Тому навіть найзадовільніша математична модель не може дати кінце-

вий результат або прогноз з точністю більшою, ніж точність вимірів метеорологічних величин.

Якщо прогнозувати клімат на тривалий період близько 30 років, то регіональну побудову моделі потрібно робити на основі емпірики. Це дасть змогу виключити похибки, пов'язані з гіпотетичним включенням факторів, для яких не можна визначити розрахункову похибку. Слід ще раз наголосити, що це стосується прогнозу змін клімату на найближчий час. При прогнозуванні на більш тривалий період часу потрібно розглядати більшу кількість предикторів, кожен з яких може увійти в модель з похибками, які перекриють величину прогнозних змін. Виходячи з вказаного, найбільш реалістичною може бути модель клімату, що базується на даних багаторічних спостережень метеорологічної мережі, які мають похибки не більше 2%.

Таким чином, достовірність висновків, отриманих на основі емпірики, також не буде перевищувати похибку вимірювань і похибку розрахунків. Емпірико-статистична модель є відображенням реальних подій, інтегральним відображенням всіх процесів, які відбуваються на території України і прилеглих регіонів, а також глобального масштабу, це закладено в даних спостережень. Крім того, для наукового аналізу потрібно додатково застосовувати висновки дослідників, які висунуті на основі різних гіпотез.

Для розробки успішних емпірико-статистичних оцінок клімату України в майбутньому має значення вибір тривалості часового періоду, який може слугувати за аналог клімату України на майбутні 15–20 років. Слід зазначити, що фізично обґрунтовані лише результати розрахунків за моделями загальної циркуляції, усереднені за досить великі проміжки часу, близько 25–30 років. У міру зменшення інтервалу усереднення достовірність модельних оцінок скорочується і може стати досить низькою, якщо мова йде про одне–два десятиліття. Разом з тим для розробки стратегій адаптації до змін клімату найбільший інтерес становлять прогнози саме на такі невеликі проміжки часу. Критеріями які визначають можливість побудови емпіричної моделі клімату України, є коефіцієнти кореляції між глобальною і регіональною температурою повітря (Україна), а також стабільність на різних інтервалах часу. Значення коефіцієнтів кореляції розраховувались за згладженим методом послідовного п'ятирічного осереднення рядів за весь період з 1900 по 2012 р. (R), а також окремо за 1900–1949 рр. (r_1), 1950–2012 рр. (r_2), 1911–1940 рр. (r_3), 1980–2012 рр. (r_4) (табл. 4.14).

Дані табл. 4.14 свідчать, що, в цілому, за весь період спостережень на території України існував зв'язок між глобальною і регіональною температурою повітря. В першу половину ХХ ст. та в період першого глобального потепління на території України значущий зв'язок між глобальною і регіональною температурою був відсутній. В другій половині ХХ ст., в ХХІ ст.

“індустріальний період” та в другий етап глобального потепління середньорічна температура виявилась достатньо добре зв'язана з глобальною температурою. Потрібно відмітити, що отримані параметри зв'язку регіональної і глобальної температури повітря значною мірою залежать від того, яким чином відбувається згладжування вихідних рядів температури. Якщо замість послідовного 5-річного використовувати 11-річне, то розрахункові значення коефіцієнтів кореляції між рядами будуть помітно збільшуватися, але при цьому довжина незалежної вибірки зменшиться настільки, що висновки статистичного аналізу не можна вважати цілком обґрунтованими.

Для умов потепління глобального клімату невеликого масштабу ($1.0^\circ \pm 0.2^\circ\text{C}$) була складена характеристика найбільш імовірної зміни клімату України до 2030 р., яка правомірна тільки для невеликого періоду часу (не більше 30 років). Для цього використовувався метод інструментальної змінної (М. І. Будико, К. Я. Вінніков, П. Г. Гройсман) [42, 43]. Слід зазначити, що ми були досить обережними в коефіцієнтах прибавок до варіантів сценарію. У зв'язку з стрімким зростанням температури повітря в Україні потрібно зробити уточнення до запропонованих раніше сценаріїв.

При подальшій наявності зв'язку, який наближається до лінійного, досить реалістичне уявлення про клімат найближчого майбутнього можна отримати, використовуючи статистичні характеристики, розраховані за період, який межує з прогнозованим. Таким чином, для побудови сценарію клімату до 2030 р. можна використовувати усереднені багаторічні дані температури повітря за період 1980–2010 рр. (базовий сценарій), якому властиві найактивніші процеси потепління клімату в глобальному і регіональному масштабах (це математичне сподівання). Важливим є те, що цей період можна вважати найбільш статистично і фізично обґрунтованим для одержання модельних оцінок змін (переважно приросту температури повітря стосовно базового сценарію). З точки зору класичної кліматології, оптимально стійку середню норму можна отримати за 50–100 років і екстраполювати її на відповідні періоди вперед. Така процедура правомірна для стаціонарного клімату. Але збільшення темпів приросту температури буде спонукати до перерахунків “норми” після терміну її введення через 20–30 років. Безумовно успішність емпірико-статистичного прогнозу клімату зменшується у міру збільшення періоду екстраполяції, оскільки з часом зв'язки між минулим і майбутнім можуть послаблятися; тому треба робити послідовні уточнення у міру накопичення даних та враховувати ці розрахунки.

Емпірико-статистичне моделювання сценарію клімату України за температурою повітря на основі традиційних методів, які прийняті в сучасній кліматології.

Послідовно виконувались такі завдання:

- Усереднення за площею середньої місячної і річної

Таблиця 4.14.

Коефіцієнти кореляції між глобальною і регіональною температурою повітря за 1900–2013 рр., а також для першої 1900–1949 рр. (r_1), другої половини ХХ ст. та перших років ХХІ ст. “індустріальний період” 1950–2012 рр. (r_2), першого 1911–1940 рр. (r_3) і другого етапу потепління 1980–2012 рр. (r_4)

R	r_1	r_2	r_3	r_4
0.47	0.02	0.73	0.23	0.85

температури повітря (°C) за природними зонами (1951–2013 рр.) і по території України в цілому з метою зменшення різноманітних мікрокліматичних неоднорідностей території. Таке площинне усереднення є важливим для вивчення наслідків зміни клімату України за природними зонами.

- Для зменшення в ряду природної часової мінливості проведені розрахунки аномалії температури за місяцями, за теплий і холодний періоди, за рік відносно кліматичної норми (1961–1990 рр.), яка рекомендована (ВМО).
- Виявлення домінуючої тенденції на основі побудови трендів у віковому масштабі за 113 років, в “індустріальний період” (1951–2009 рр.), у період інтенсивного глобального потепління (1976–2013 рр.), а також в останні 18 років (1995–2013 рр.).
- Дослідження кореляційного зв'язку між глобальною і регіональною температурою повітря по Україні за 113-річний період спостережень, а також у період першого і другого глобального потепління.
- Вибір періоду — аналога в ряду інструментальних спостережень за температурою повітря для характеристики клімату в найближчий період (до 2030 р.).
- Побудова базового сценарію клімату України на декілька десятиріч вперед на основі математичного сподівання, розрахованого за період, який межує, з тим, що прогнозується (1980–2010 рр.).

Отже, побудова емпірико-статистичного сценарію зміни температури повітря для території України базується на відносно високому коефіцієнті кореляції між глобальною і регіональною (Україна) температурою повітря. Найбільш значущим ($r > 0.85$) він був у період 1980–2010 рр. Зроблено висновок, що на значному часовому інтервалі з початку і впродовж ХХ ст. зв'язок двох змінних зберігався, тому логічно припустити, що 100-річний позитивний зв'язок проявиться і на короткому інтервалі часу.

За наявності наближеного лінійного зв'язку між глобальною та регіональною температурою повітря уявлення про клімат майбутніх десятиріч можна отримати, використовуючи статистичні характеристики, розраховані у період, який межує з прогнозованим. Таким чином, для побудови сценарію клімату до 2030 р. базою є усереднені багаторічні дані температури повітря у період 1980–2010 рр. за місяцями і за рік. Умовною назвою його буде базовий сценарій температури повітря, який може бути дійсним до 2030 р. (табл. 4.15).

Таким чином, запропоновано 4 версії емпірико-статистичних сценаріїв клімату України з урахуванням коефіцієнта приросту по десятиріччя.

- Перший, оптимістичний, — за умов стабілізації клімату України на найближчі три десятиріччя (за відсутності приросту температури).
- Другий, тривожний, — за умов збереження у перші три десятиріччя ХХІ ст. темпів приросту температури, які спостерігались за період 1980–2010 рр. (0.15–0.2°C за десятиріччя) табл. 4.15. Його слід вважати найбільш імовірним (або базовим).
- Третій, песимістичний, — за умов збільшення темпів приросту до 0.3°C і більше за десятиріччя.
- Четвертий, катастрофічний — за умов збільшення темпів приросту температури понад 0.4°C за десятиріччя.

Постає питання про корегування базового сценарію, який у загальних рисах характеризує клімат України на межі ХХ і ХХІ ст., а саме про величину змін температурних показників сценарію на 2–3 десятиріччя вперед або у першій половині ХХІ ст. Часові межі дії індексів, як і базового сценарію, залежать від збереження інерції кліматичної системи у глобальному масштабі на умовах стабілізації викидів ПГ в атмосферу. Таким чином, пропонується обережний підхід до оцінок змін клімату в майбутньому, який базується на фактичних спостереженнях за кліматом України та на гіпотезі впливу на клімат антропогенного фактора. Крім того, чергування періодів зниження та підвищення сонячної активності також потребує додаткових розрахунків та уточнень. Деякі дослідники стверджують, що 24-й період спаду сонячної активності призведе до зниження приросту температури повітря після 2010 р. [96].

Слід зазначити, що процес потепління не завжди буде відбуватися по зростаючій, інколи внаслідок існування природної періодичності на 3–5...10 років може уповільнитися через квазіперіодичність в рядах місячних, сезонних, річних температур. Таким чином, декілька років процес потепління буде відбуватися з меншою інтенсивністю, але зниження річної температури поки не очікується. Інші і більш складні закономірності можуть спостерігатися за сезонами і окремими місяцями. Але така схема розвитку термічного режиму не є універсальною. Сучасна наука не може досконало визначити на 10–20 років вперед особливості змін і коливань клімату в окремі місяці в кожному конкретному пункті або регіоні України. Але загальна картина прогнозів для України на 15–25 років, які давалися раніше, справдилася всупереч різним сумнівам і критичним зауваженням на адресу кліматичних прогнозів глобального і регіонального (для території України) характеру.

Висновки

На основі вивчення багатьох інформаційних джерел, які стосуються побудови сценарію клімату майбутнього, зроблено висновок, що різноманітність

Таблиця 4.15.

Базовий сценарій режиму температури повітря (°C) до 2030 р.

Природні зони	Δt , °C за 10 років	Δt , °C за 60 років
Зона мішаних лісів	0.2	1.6
Зона широколистяних лісів	0.2	1.5
Лісостепова зона	0.3	1.8
Степова зона	0.1	0.8
Крим	0.01	0.1
Регіон Карпат	0.1	0.6

факторів, які діють у глобальній кліматичній системі через численні лінійні та нелінійні, прямі та зворотні зв'язки, ускладнюватимуть прогнозування стану системи, якщо його здійснювати, опираючись лише на фактори зміни складу атмосферного повітря за рахунок ПГ. Тому більш реалістичним можна вважати сценарій, розрахований на основі емпірико-статистичних даних.

Достовірність запропонованого емпірико-статистичного сценарію зумовлюється його реалістичністю, оскільки він базується на кліматичних нормах, середніх багаторічних характеристиках, які отримано за вихідною інформацією, що пройшла

незалежний експертний контроль у підрозділах геофізичної обсерваторії та УкрНДГМІ. Крім того, слід зазначити, що при прогнозуванні клімату інформацію необхідно доводити до максимальної досконалості; для цього потрібно постійно її переглядати та уточнювати кожні 5–10 років. Також поряд з існуючими довідниковими матеріалами слід розглядати прогнози, що попереджають про динамічний розвиток процесів у кліматичній системі, які нормативні документи не відображають, тобто це своєрідні “поправки” до нормативних документів. Це особливо потрібно враховувати при плануванні та веденні господарської діяльності в країні.

Література — див. розділ 4, підрозділи 4.4–4.7