

Т.М. Заболоцька, О.А. Скриник

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ДАТ СТІЙКОГО ПЕРЕХОДУ СЕРЕДНЬОЇ ДОБОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ЧЕРЕЗ ЗАЗНАЧЕНІ МЕЖІ**

Виконано реферативний огляд прогнозів дат стійкого переходу середньої добової приземної температури повітря через зазначені межі. Показано, що для отримання високого ступеня справджуваності довгострокових прогнозів потрібно враховувати сучасні кліматичні зміни. Наведено головні причини, що можуть зумовлювати аномальність дат стійкого переходу температури через зазначені межі.

### **Вступ**

Завчасні та достовірні прогнози дат переходу середньої добової температури повітря через певні межі навесні і восени мають надзвичайно важливе значення для економіки будь-якої країни. Зазвичай, прогнозують дати переходу температури через 0°C (початок сніготанення, розмерзання ґрунту) навесні, 5°C (початок вегетаційного періоду холодостійких культур), 10°C (період активної вегетації), 15°C (початок літнього сезону). Відповідні дати переходу температури восени фіксують закінчення цих періодів.

Прогнози дат переходу через зазначені межі з високим ступенем справджуваності потрібні в сільському господарстві для своєчасної підготовки та початку польових робіт, садіння холодо- чи теплостійких культур, збирання та збереження врожаю, у комунальному господарстві – для раціонального енергопостачання. Такі прогнози також важливі у сфері будівництва, транспорту, для налагодженої роботи оздоровчо-курортних зон країни.

### **Загальні відомості**

На дати переходу температури через зазначені межі впливають фізико-географічні та кліматичні умови України. Так, перехід середньої добової температури повітря через 0°C відбувається навесні з півдня на північ і восени з півночі на південь упродовж місяця, через 5, 10, 15°C – навесні за 10 днів, а восени – за 20 днів.

Перехід температури через зазначені межі в широтному напрямі більш мінливий: навесні через  $0^{\circ}\text{C}$  із заходу на схід – за 10 днів, через  $5^{\circ}\text{C}$  – одночасно, через  $10^{\circ}\text{C}$  зі сходу на захід за 5 днів і відповідно через  $15^{\circ}\text{C}$  за 15 днів. Восени перехід через  $0$ ,  $5$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  відбувається зі сходу на захід відповідно за 25, 10 днів і одночасно, через  $15^{\circ}\text{C}$  із заходу на схід – за 10 днів.

Представлені дані, отримані за багаторічними спостереженнями, свідчать про досить значний перебіг у кількості днів встановлення дати стійкого переходу температури через зазначені межі [3]; проаналізувавши їх, можна зробити два висновки: перехід відбувається повільніше в меридіональному напрямі, ніж у широтному, найзатяжніші переходи – через  $0$  і  $5^{\circ}\text{C}$ .

Досить тривалий період між датами переходу через певні температурні межі в різних регіонах України ускладнює прогноз, тому доцільніше його складати для кожної адміністративної одиниці, тобто області. Головним завданням прогнозу слід вважати прогнозування аномальності дат стійкого переходу (рано, пізно відносно середнього багаторічного значення). Сам прогноз повинен бути довгостроковим, з високим ступенем справджуваності.

### **Результати дослідження**

**Сучасні кліматичні зміни.** Справджуваність прогнозів дат стійкого переходу температури повітря через певні межі залежить від змін у кліматичній системі „атмосфера – суходіл – океан”. Згладжені середні річні аномалії температури повітря, розраховані як відхилення від середніх за 1961-1990 рр., показують, що середня річна глобальна приземна температура збільшилася на  $0,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  за останні 100 років (у Північній півкулі майже на  $1,0^{\circ}\text{C}$ , у Південній – на  $0,6^{\circ}\text{C}$ ) [13]. Найбільші позитивні аномалії температури повітря визначені в полярних та помірних широтах Північної півкулі в зимові місяці. Останнє десятиріччя ХХ ст. стало найтеплішим за весь період спостережень над Євразією [40].

Глобальне потепління клімату у ХХ ст. проходило нерівномірно: протягом двох періодів, а саме: з 1911 до 1945 р. і з 1976 р. до теперішнього періоду температура повітря підвищувалася зі швидкістю відповідно  $0,94 \cdot 10^{-2}$  і  $1,68 \cdot 10^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{рік}$ ; з 1946 до 1975 р. було незначне зниження температури повітря, менше ніж на  $0,05^{\circ}\text{C}$ . У Південній півкулі швидкість потепління була меншою, відповідно  $0,71 \cdot 10^{-2}$  і  $1,31 \cdot 10^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{рік}$ . З 1946 до 1975 р. теж спостерігалось потепління, але невелике,

менше ніж на  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Розрахунки вмісту тепла в діяльних шарах системи „атмосфера – суходіл – океан” показали, що зміни температури поверхні океану, приземної температури повітря й температури верхнього шару ґрунту були злагодженими [15].

Репрезентативних довгих рядів вимірів кількості опадів для багатьох районів суходолу, а тим більше океанів, украй недостатньо, проте все-таки визначено, що у ХХ ст. десятирічна кількість опадів зростала на  $0,5-1,0\%$  у полярних та помірних широтах Північної півкулі і зменшувалася на  $0,3\%$  у тропічних. Середній рівень Світового океану за останнє сторіччя піднявся приблизно на  $18\text{ см}$  [23].

Відмічають і зміни динаміки приземного шару атмосфери – зменшення повторюваності вітрів зональних (західного та східного) напрямів. Середнє значення від’ємного статистично значущого тренду на  $95\%$  рівні довіри становить  $0,3-0,4\text{ м/с}$  за  $100$  років [25].

Помітно змінюються й умови загальної циркуляції атмосфери. У Центрі прогнозу клімату Національного управління США за дослідженнями океану та атмосфери розраховано багаторічні коливання індексів циркуляції, за якими оцінюють її крупномасштабні зміни. Циркуляційні індекси отримано шляхом розкладання за природними ортогональними функціями коливання баричного поля поверхні  $700\text{ гПа}$  для позатропічної зони Північної півкулі; проведено моніторинг циркуляційних індексів, і певні з них розраховано на основі даних реаналізу NCEP/NCAR і системи сприймання CDAS. Такий підхід дозволяє об’єктивно виділити зміни баричного поля, характеристики яких є статистично незалежними, крім того, можна оцінити внесок кожного індексу в загальну мінливість циркуляції [50].

Основними циркуляційними механізмами, що формують багаторічний термічний режим у позатропічних широтах Північної півкулі, є Північно-Атлантичний, Скандинавський, Тихоокеансько-Північно-Американський і Полярно-Євразійський. Екстремуми температури пов’язані з одночасними аномаліями декількох індексів циркуляції, насамперед з Північно-Атлантичним і Скандинавським. Відносний внесок різних індексів циркуляції у зміни приземної температури повітря із часом може змінюватися в масштабі десятиріч. Сучасне потепління (із середини 70-х років ХХ ст.) пов’язане з посиленням зонального переносу в разі позитивної фази Північно-Атлантичного індексу, який у цей період відігравав головну роль у

коливаннях температури. До середини 70-х років коливання температури повітря взимку були зумовлені в основному змінами Скандинавського індексу циркуляції [40].

Моделювання клімату з використанням сумісних моделей загальної циркуляції атмосфери та океану вказують на ймовірне продовження підвищення температури повітря в полярних широтах, що може призводити до танення льодовиків, збільшення рівня Світового океану, уповільнення океанічної циркуляції [9]. У той самий час експериментальні дані спостережень не на стільки однозначні. Виміри температури повітря на 23 метеостанціях Антарктиди фіксують просторову неоднорідність: на одних станціях відмічають збільшення температури, на других – зростання уповільнилося, на третіх – температура знижується [14].

За даними вимірів температури повітря на земній кулі в період з 1891 до 1985 р., стійку тенденцію в її ході (у всі сезони і за рік у цілому) відмічають лише над океанами: над Атлантикою – похолодання, над Тихим океаном – потепління наприкінці періоду. Над континентами на фоні переважного потепління спостерігають і зони похолодання: у теплому півріччі лише в невеликих районах Азії, у холодному – в Америці, Азії, Північній Африці [12].

Визначення змін тривалості вегетаційного періоду на території Росії та суміжних країн за 1891-1999 рр. показало, що значуще його збільшення у другій половині ХХ ст. спостерігали тільки в окремих областях на півдні Росії, але відмічали райони, де тривалість не змінилась і навіть зменшилась, особливо за останнє тридцятиріччя [29].

У Центрі кліматичних досліджень Університету Східної Англії створено масив даних середньої місячної температури повітря для Європи з кроком  $0,5^\circ$  за широтою і довготою за 100-річний період (1900-2000 рр.). Ці дані аналізувалися разом з індексом Північно-Атлантичного коливання, який розраховано з 1900 р. до теперішнього періоду. Визначено, що річний хід температури повітря змінювався протягом ХХ ст. Відмічено тенденцію, за якою позитивні (від'ємні) аномалії середньої річної температури супроводжуються переважно від'ємними (позитивними) аномаліями амплітуд і фаз річного ходу, тобто аномально теплі роки характеризуються меншими амплітудами річного ходу і максимум у річному ході настає раніше за звичайний. За великим (малим) значенням індексу Північно-Атлантичного коливання спостерігали малі

(великі) амплітуди річного ходу температури повітря над Європою. У цілому просторова структура амплітуд річного ходу температури повітря вказує на послаблення впливу Атлантичного океану і посилення континентальності клімату над Європою із заходу на схід [17].

**Головні чинники сучасних кліматичних змін.** Останнім часом головними чинниками, що зумовлюють сучасне глобальне потепління, вважають антропогенний фактор (в основному внаслідок збільшення концентрації вуглекислого газу) та мінливість кутової швидкості обертання Землі. Дані спостережень (від 82° пн. ш. до станції Південний полюс) свідчать, що збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері спостерігають повсюди і практично з однаковою швидкістю [1].

Зростання концентрації вуглекислого газу призводить до збільшення хмарності. Поглинання та перевипромінювання довгохвильової радіації, а також зміни балансу короткохвильової радіації на підстильній поверхні зумовлюють нагрівання тропосфери, особливо взимку в помірних та полярних широтах. Також у цих широтах відбувається і зменшення атмосферного тиску (на 1,0-1,5 гПа) [16]. Єдиної думки про те, що зростання концентрації вуглекислого газу призводить до глобального потепління, зараз немає. Розрахунки середньої приземної температури повітря з використанням найсучасніших зарубіжних моделей, які адекватно відтворюють хід кліматичних даних, показали, що подвоєння концентрації CO<sub>2</sub> не призводить до помітних змін дисперсії приземної температури [42].

Модуль власної кутової швидкості обертання Землі за багаторічними спостереженнями періодично змінюється. Період направлених змін становить 35 років. Із кінця першого десятиріччя ХХ ст. і до другої половини 30-х років відбувалося прискорене обертання Землі (доба зменшилася на 4 мс). Потім до 1971 р. проходило більш повільне обертання, тривалість доби збільшилася на 3 мс. З середини 70-х років спостерігають знову таке саме за величиною прискорене обертання.

Зміни кутової швидкості обертання Землі зумовлюють зміни швидкості обертання атмосфери і, як наслідок, перерозподіл повітряних мас атмосфери між полярними і тропічними широтами. Зі збільшенням швидкості обертання Землі відбувається стиснення атмосфери між 35° пн. і пд. широти; частина мас зміщується із полярних широт у тропічні, при цьому зменшується атмосферний тиск у полярних і помірних широтах і збільшується в субтропіках. За повільного обертання Землі, навпаки,

атмосферні маси переносяться у полярні та помірні широти, у них збільшується тиск, а в субтропіках зменшується [15]. Зміна тиску призводить до зміни циркуляційних процесів та відповідних аномалій приземної температури повітря. Коефіцієнт кореляції змін швидкості обертання Землі і температури повітря в зоні 85-30° пн. ш. становить  $0,93 \pm 0,3$  [43]. Таким чином, збільшення концентрації парникових газів в атмосфері і зміни швидкості обертання Землі діють на кліматичну систему глобально і направлено.

Для розроблення довгострокових прогнозів погоди (особливо аномалій метеорологічних величин) головним є визначення взаємодії між компонентами кліматичної системи „атмосфера – суходіл – океан” у часі і просторі. Базою для побудови надійного довгострокового прогнозу погоди є циркуляція атмосфери. Прогноз буде більш точним, якщо будуть ураховуватися умови виникнення тривалих аномалій циркуляції.

**Головні причини, що сприяють аномальності погоди.** До переліку явищ, що зумовлюють виникнення аномалій циркуляції, можна віднести дворічну циклічність атмосферних процесів, яка пов'язана з квазідворічною зміною вітрів у екваторіальній стратосфері. Суть цього явища полягає в тому, що, коли у стратосфері взимку та навесні панують східні вітри, циркумполярний циклон займає всю півкулю, тому меридіональність процесів понижена; коли вітри змінюються на західні (через квазідворічний цикл), баричне поле дуже ускладнюється: циркумполярний циклон стає менш глибоким, з півдня на північ чергуються пояси високого та низького тиску, що сприяє міжширотному (меридіональному) обміну та створенню умов для більш раннього строку встановлення літнього антициклону [19]. Коливання строків весняної зміни циркуляції, а отже, і тривалості літнього стратосферного антициклону впливають на подальший розподіл елементів погоди.

Наприкінці ХХ ст. велику увагу почали приділяти квазіперіодичному явищу ЕНПК (Ель-Ніньо – Південне Коливання), яке визнане одним із найсильніших джерел циркуляційних аномалій і природної кліматичної мінливості, тому що є одним із найбільш виражених проявів міжрічних змін погоди і клімату на всій земній кулі. Явища ЕНПК призводять до утворення значних аномалій температури поверхні океану; зона максимальних аномалій зосереджена переважно в межах  $\pm 5^\circ$  широти і  $160^\circ$  сх. д. -  $90^\circ$  зх. д. [36].

Сумісний аналіз індексу глобальної циркуляції (зональна складова реального вітру вздовж круга широти) і значень температури поверхні океану показав, що у кліматичній системі існує значна взаємодія між глобальною зональною циркуляцією й температурою поверхні екваторіальної зони Тихого океану (коефіцієнт кореляції досягає 0,6-0,9). Відгук в атмосфері на явище ЕНПК прослідковується у всій тропосфері і має тенденцію до розповсюдження із тропіків у помірні широти [35]. Останні дослідження свідчать, що явища ЕНПК сприяють значній зміні тропічного циклогенезу. Коли тропічні циклони досягають стадії шторму, в екваторіальній стратосфері ( $\pm 10^\circ$  широти) західні вітри охоплюють третину всієї земної кулі, проникають у тропічну зону і цим провокують посилення циклонічної діяльності в Північній півкулі [8]. Зараз у світі розробляють сумісні чисельні моделі загальної циркуляції атмосфери й океану, в яких адекватно відображається явище ЕНПК (міжнародний проект СМІР [60], модель ІОМ РАН [8]).

Найбільший внесок у мінливість макроциркуляційних процесів вносять зимові процеси через їх підвищену активність. Найзначнішим проявом цієї мінливості є неперіодичні стратосферні потепління. За класифікацією ВМО, потепління діляться на сильні і слабкі. Всі сильні стратосферні потепління супроводжуються крупними аномаліями зонального індексу циркуляції. Період між максимальною інтенсивністю зональної циркуляції до і після сильного стратосферного потепління становить 60-90 днів, що свідчить про глобальність цього явища. Ці неперіодичні потепління на  $20-30^\circ\text{C}$ , а іноді на  $40-50^\circ\text{C}$  і більше найчастіше відмічають на висотах 25-35 км, їхня середня тривалість становить 5-7 діб, сильні можна спостерігати 2-3 тижні [34].

Оцінка макроциркуляції за різними індексами в цілому для Північної півкулі чи для окремих її районів показала, що інтенсивність меридіональної циркуляції в періоди потеплінь збільшується у 2-3 рази і більше у всій атмосфері від поверхні землі до 25-30 км; баричне поле перебудовується: стратосферний циркумполярний циклон роздвоюється і створюється деформаційне поле, а в тропосфері спостерігають значне зміщення полярного циклону і планетарної фронтальної зони [38]. Вперше це явище зафіксовано в 50-ті роки ХХ століття Шерхагом [51].

Потепління виникають тільки в холодну пору року, протягом жовтня-березня: слабкі найчастіше – 2-3 рази на рік, сильні – не кожного року. На сьогодні немає єдиного погляду на причини виникнення

потепління. Існує гіпотеза, що крупним аномальним потеплінням у стратосфері передують інтенсивні тропосферні процеси циклогенезу. Відомо, що основні запаси кінетичної енергії зосереджені у фронтальних зонах до 10-12 км, тому меридіональна циркуляція, що виникає, охоплює не тільки тропосферу, а й нижню та середню стратосферу, іноді досягаючи її верхніх шарів [38]. Є також думка, що потепління виникають унаслідок дії енергії, що переноситься хвильовими збудженнями планетарного масштабу, і характеризують ступінь обміну повітря між субтропічними й полярними широтами [7].

Потепління у стратосфері суттєво впливають на стан атмосфери у високих широтах, через них порушується нормальний закон розподілу метеовеличин, а також з ними пов'язують час перебудови (раніше чи пізніше відносно норми) весняної стратосферної циркуляції [7].

Дослідження вибухових потеплінь у стратосфері дуже важливі для розвитку довгострокових прогнозів погоди: по-перше, вони неперіодичні і можуть виникати в різний час холодного періоду; по-друге, процеси тропосфери і стратосфери взаємопов'язані. Відомо, що перебудова восени на зимову циркуляцію, тобто формування стратосферного циркумполярного глибокого циклону (західно-східний перенос), проходить практично в одні й ті самі календарні строки, тоді як весняна перебудова (формування циркумполярного антициклону, тобто встановлення східно-західного переносу) проходить упродовж 2-х місяців (середина березня – середина травня).

Зараз виділяють три типи строків весняної перебудови стратосферної циркуляції: ранній, середній і пізній. Тропосферна циркуляція суттєво реагує на строк весняної перебудови. У роки ранніх перебудов, особливо в березні і квітні, над Східною Європою слід чекати підвищений фон приземного атмосферного тиску й встановлювання висотного гребеня у вільній атмосфері. У період пізніх перебудов найбільша реакція тропосфери очікується в травні і червні, у цей час підвищену повторюваність будуть мати виходи південних циклонів із Середземного і Чорного морів, тобто в цілому буде понижений фон приземного тиску, а на висотах – глибока висотна улоговина [44].

На весняну перебудову стратосферної циркуляції вірогідно можуть впливати вибухові потепління, які найчастіше бувають у період з грудня до березня. Цей період характеризується найбільшою зміною циркуляційних процесів.



На циркуляційні процеси в Атлантико-Євразійському секторі великий вплив мають і центри дії атмосфери, які у свою чергу пов'язані із центром циркуляції атмосфери. Зміщення центру циркуляції призводить до зміни положення Ісландського мінімуму та Азорського максимуму як по широті, так і по довготі, крім того, змінюється і їхня інтенсивність. Довготривале відхилення положень Ісландського мінімуму та Азорського максимуму від середнього приводить до аномальних змін температури та кількості опадів у достатньо великих просторах помірних широт [37].

У наш час різними науковими центрами розроблені моделі загальної циркуляції атмосфери, наприклад модель ІОМ РАН (Росія), модель ARPEGE (Франція, Центр наукових досліджень і розрахунків) тощо. Порівняння модельних значень індексів циркуляції з даними реальних спостережень свідчать, що в цілому моделі правильно відображають особливості глобальної циркуляції (на різних баричних поверхнях, річний хід, сезонну мінливість), але реальність відображення відмінна для різних широт, тому дослідження з використанням моделей загальної циркуляції атмосфери продовжуються.

**Прогнози аномалій температури.** Прогноз дат стійкого переходу через відповідні температурні межі значною мірою залежить від прогнозу аномалій температури, особливо крупних. Крупною аномалією вважають таку, яка розповсюджується на 75 % площі, крім того, на 25 % площі значення аномалії перевищують 20 % багаторічної амплітуди, або коли інтенсивність аномалії досягає 50 % амплітуди (під амплітудою розуміють розмах, приблизно рівний 5-ти середнім квадратичним відхиленням). Такі аномалії спостерігають у 30 % випадків. У холодну пору року кількість позитивних і від'ємних крупних аномалій температури приблизно однакова. Від'ємні частіше пов'язані з висотними циклонами та улоговинами, позитивні – з планетарною висотною фронтальною зоною (ПВФЗ) та висотним гребенем [39].

Існує й математичний вираз критерію аномальності (K):

$$K = 1/N \sum A_n^2 / \sigma_n^2,$$

де  $A_n$  – аномалія температури;  $\sigma_n$  – дисперсія аномалій. Критерій характеризує ступінь аномальності температури в будь-якому місяці. Розклад місячних аномалій температури за ортогональними складовими показав, що коефіцієнти розкладу добре відображають поле аномалій,

тобто є зв'язок між коефіцієнтами розкладу сусідніх місяців і тому можна прогнозувати аномалію температури на наступний місяць [5].

Довгострокові прогнози аномалії температури здійснюються різними методами. Серед них можна назвати метод аналогів, яким багаторічно користуються на практиці. Це синоптичний метод, підбір аналогів проводиться поетапно і ретельно, починаючи з підбирання аналогів щодо загального характеру розвитку атмосферних макропроцесів у Північній півкулі, аналізуючи їхню послідовність, враховуючи характер різних предикторів та прогностичні вказівки (ритми, порушення чи інші закономірності) для того місяця, для якого складається довгостроковий прогноз. Кінцевим аналогом вибирається той рік, в якому прогностичні рекомендації найбільш характерні для даної території [32].

Як фізико-статистичний метод довгострокового прогнозу погоди великої уваги заслуговує комплексний метод, розроблений у Головній геофізичній обсерваторії [48]. Вихідна інформація представлена у великому обсязі: тиск на поверхні землі, геопотенціал  $H_{500}$ , температура повітря, хмарність, опади, сніговий покрив, запаси продуктивної вологи у ґрунті, характеристики циркуляції атмосфери, геомагнітний індекс, тепловміст Атлантики, льодність північних морів. Для інформативності даних, що вводяться, гідрометеорологічні поля представлено першими членами розкладу за ортогональними функціями. Так знешкоджують «метеорологічний шум», залишаючи крупномасштабні складові метеорологічних полів. Для визначення статистичних зв'язків використовують: регресійний метод, метод аналогів, метод прогнозу кліматичного фону і дискримінантний аналіз.

У Гідрометцентрі Росії розроблено фізико-статистичний метод безпосередньо прогнозу температури [30]. В основу методу покладено зв'язок між коливаннями положень центрів дії атмосфери в Північній Атлантиці і подальшими змінами температури над Європою.

Для прогнозування в якості предикторів були взяті положення та інтенсивність Ісландського мінімуму та Азорського максимуму, середні місячні значення індексів зональної та меридіональної циркуляції, середнє місячне положення осі Гольфстріма, температура поверхні океану в Ньюфаундлендській енергоактивній зоні та положення краю льоду в Баренцовому морі.

Розроблений фізико-статистичний метод дозволяє прогнозувати аномалії приземної температури з місячною завчасністю на період

листопад-лютий, попередній прогноз з двомісячною завчасністю, а в деяких районах Східної Європи навіть із завчасністю 3-4 місяці.

Велика увага сьогодні приділяється розробленню довгострокових прогнозів середньої місячної, середньої сезонної та середньої річної температури повітря з річною завчасністю. Метод базується на виділенні скритих ритмів незалежно від їх походження у кліматичній системі „атмосфера – суходіл – океан”, які зумовлюють зміни температури. На основі ретельно підібраних збуджуючих ритмів на досить великих просторах прогнозують аномалії середньої місячної температури повітря з річною завчасністю із справджуваністю, що перевищує справджуваність випадкових прогнозів [47]. В основному у всіх довгострокових прогнозах температури як предиктор використовується температура поверхні океану. Через велику термічну інерцію океану та відносно значну часову шкалу її мінливості залучення температури поверхні океану дозволяє збільшити завчасність прогнозу до декількох місяців, сезону і навіть більший період часу.

***Прогнози дат стійкого переходу температури повітря через зазначені межі.*** Складання прогнозів дат стійкого переходу середньої добової температури через певні межі почалось у 40-і роки ХХ ст. Є.О. Ісаєв розробив метод прогнозування дати стійкого переходу через 0°C навесні й восени залежно від тривалості сезонів та типів атмосферних процесів. Тип процесів визначався відповідно до траєкторії руху антициклонів із завчасністю 2 тижні [18]. До недоліків методу слід віднести надто короткий строк, за яким фіксується характер крупномасштабних атмосферних процесів. Крім того, хоча дата переходу визначалася за середньою добовою температурою, проте враховувалася тільки кількість днів з температурою нижчою за зазначені межі без оцінки інтенсивності її зниження в ці дні.

Дослідження дат стійкого переходу середньої добової температури через певні межі в Україні [2, 24], виконані у 70-ті роки (коли тільки розпочинався прояв глобального потепління), вказують, що розподіл аномалій дат переходу близький до нормального. Відхилення від багаторічного значення навесні (на 15-20 днів раніше чи на 15 днів пізніше) мають повторюваність 2-5 %, восени (на 15 днів раніше чи на 15-20 пізніше) – близько 8 %. Це дозволило за середніми датами стійкого переходу визначити статистично незалежні зони (відповідне районування території) та зробити висновок, що для прогнозу дат стійкого переходу

достатньо даних 7-15 метеостанцій, які об'єктивно відображають природні умови окремих регіонів країни (Полісся, Лісостеп, Степ, Українські Карпати та Кримські гори, Південний берег Криму), тобто прогнозування здійснювати за побудовою багатомірних регресійних моделей.

Особлива увага приділялася визначанню предикторів, що впливають на стійкий перехід через  $10^{\circ}\text{C}$  [45]. В основному це: середня місячна та сезонна температура й кількість опадів (узимку), тривалість сонячного сяйва, снігового покриву, температури ґрунту.

Для території України великий обсяг дат стійкого переходу температури повітря через певні межі досліджували двома методами: 1) середнє багаторічне значення на окремих станціях; 2) картографування  $\rightarrow$  знімання даних у вузлах координатної сітки через  $1^{\circ}$  за широтою і довготою та визначання дат переходів для кожної адміністративної одиниці (області); для гірських районів, де є значний вплив висоти місцевості, визначено градієнти на кожні 100 м висоти над рівнем моря. Таким чином, на основі даних багаторічних спостережень створено банк даних початку, кінця і тривалості дат переходу приземної температури повітря через  $0, 5, 10, 15^{\circ}$  для кожної області [3]. Ці дані мають велике практичне значення, бо можуть бути використані різними господарськими установами; їх можна вважати нормою, тому що саме виміри температури мають найдовший репрезентативний ряд ( $\sim 150$  років). У разі кліматичних змін ці дати можуть тільки уточнюватись.

Головною проблемою залишається прогноз аномалій переходу через різні температурні інтервали (рано чи пізно відносно середнього багаторічного значення), тому завдання об'єктивного прогнозу дат переходу залишається актуальним. Можна визначити два типи прогнозів: 1) з використанням прогнозованих особливостей циркуляції атмосфери; 2) безпосередньо за прогнозом аномалії температури.

Особливості атмосферних процесів у зимові місяці було використано в прогнозі дат стійкого переходу середньої добової температури через  $0^{\circ}\text{C}$  навесні для території України [10, 11]. Головними припущеннями були: а) аномалії дат переходу зумовлено аномаліями циркуляції в попередньому сезоні; б) у розвитку атмосферних процесів існує послідовність, яка характеризується певною спадковістю. Врахування аномалії температури за сезон та баричного режиму на великих просторах було недостатнім, тому було використано індекси

зональної й меридіональної циркуляції у просторі, що впливає на режим циркуляції в Україні, а саме:  $0-60^{\circ}$  сх. д. і  $50-60^{\circ}$  пн. ш. у місяці, що передували значним аномаліям дат переходу (значна аномалія – це розповсюдження не менше ніж на 75 % площі України, у тому числі на 50 % площі зі значеннями більше ніж 20 % багаторічної амплітуди).

Виявилось, що перед аномально ранніми датами переходу через  $0^{\circ}\text{C}$  від січня до лютого відбувається зростання зонального індексу циркуляції (відхилення від норми в лютому перевищує 15 % багаторічної амплітуди), перед аномально пізніми – значне послаблення. Меридіональний індекс може приймати різні значення, це теж прогностична ознака. Прогностичні залежності (у вигляді номограм) дат стійкого переходу середньої добової температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$  навесні від зонального індексу циркуляції в лютому на широті  $50-60^{\circ}$  було побудовано з урахуванням фізико-географічного районування території, тобто для груп станцій, які мають однакову норму переходу через  $0^{\circ}\text{C}$ . Середня похибка становить 5-8 днів, що не перевищує 14-17 % середньої багаторічної амплітуди. Забезпеченість залежностей між фактичними і розрахованими датами стійкого переходу через  $0^{\circ}\text{C}$  становить 82 %.

Дещо в іншій формі, але з використанням особливостей циркуляції, розроблено прогнози дат стійкого переходу температури через  $0, \pm 5^{\circ}\text{C}$  для територій Східної Європи, Західного Сибіру, Північного Казахстану під керівництвом Д.А.Педея [21, 33]. Залежно від знаку аномалії дат переходу і географічного положення крупних осередків аномалій проводиться типізація території. Для кожного типу дат переходу визначається типове поле  $H_{500}$  сезону і порівнюється з прогностичним полем  $H_{500}$  (за методом С.Т. Пагани [31]). Крім того, використовуються якісні зв'язки між різними сезонними явищами погоди і датами стійкого переходу. Якщо поля  $H_{500}$  (прогностичні і типові) подібні, то прогнозом стає характерний для цього типу розподіл аномалій дат стійкого переходу температури.

В.Ф. Козельцева розробила прогноз дат стійкого переходу окремо на березень і квітень [21]. Також було використано прогностичне поле  $H_{500}$  на природний синоптичний сезон. Синоптичні сезони принципово відрізняються від кліматичних, останні виділяються за астрономічними параметрами, а існування синоптичних сезонів зумовлене особливостями теплообміну між океаном і материком, географічною локалізацією джерел та стоків тепла. Кожному природному синоптичному сезону

характерна типова для нього структура термобаричного поля тропосфери і відповідні їй риси атмосферної циркуляції.

Метод С.Т.Пагани полягає у визначенні нетипових процесів (передвісників) природного синоптичного сезону, які порушують однотипність циркуляції, але перші з них будуть характерними наступному природному синоптичному сезону [31]. Так, перший передвісник весни з'являється в передзимовий час, а другий – узимку. Згідно з ними розраховується прогностичне поле  $H_{500}$ , а також аномалії температури й кількості опадів на природній синоптичний сезон – весну. Далі визначається подібність полів  $H_{500}$  передвісників з відповідними полями в березні та квітні методом геометричної подібності. Обидва передвісники природного синоптичного сезону весни мають практично однакове прогностичне значення. Прогноз дат стійкого переходу через  $0$  і  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  визначається за рівнянням регресії:

$$\Delta D = A \cdot \Delta H_{500} + B,$$

де  $\Delta D$  – прогностична аномалія дати стійкого переходу від багаторічного значення;  $\Delta H_{500}$  – прогностична аномалія  $H_{500}$  на місяць (або на сезон), розрахована за передвісниками [21].

Особливості циркуляційних процесів було закладено й в основу довгострокового прогнозу дат стійкого переходу на весну й на осінь для більшої частини Казахстану з використанням повторюваності широтної і східно-меридіональної форм циркуляції. Виконувалася графічна кореляція дат стійкого переходу температури через  $0$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  з місячною кількістю днів із вищезазначеними формами циркуляції, й за допомогою графіків визначалася прогностична аномалія дат переходу [6].

Значна частина прогнозів дат стійкого переходу температури через певні інтервали базувалася на припущеннях, що характер змін температури в часі відображає характерний тип циркуляції. Оскільки процеси в даний час зумовлені особливостями попередніх, то і температурний режим у теперішній період може бути визначеним за температурним режимом попереднього. На базі 100-річного ряду спостережень розраховували відхилення середніх пентадних температур від їх багаторічних значень. За аналізом отриманих аномалій визначено дві прогностичні залежності: 1) дати стійкого переходу через  $5^{\circ}\text{C}$  від характеру розподілу значних періодів температурних коливань тривалістю 13-36 пентад; 2) коли немає значних періодів температурних

коливань, дата стійкого переходу визначається за характером зниження температури. Розходження між фактичними і прогнозованими датами переходу через  $5^{\circ}\text{C}$  у межах 6 днів забезпечені на 90 % [26].

Існує прогностична залежність між датою переходу температури повітря через зазначені інтервали та аномалією температури за місяць або сезон. На територіях Східної Європи, Західного Сибіру та північної частини Казахстану залежно від фізико-географічних та кліматичних умов, вибиралися станції, в яких середня багаторічна дата переходу через  $0, \pm 5^{\circ}\text{C}$  збігалася із сезоном весни (період 30 років), а також ті, в яких перехід припадав на березень або квітень (період 50 років). За цими даними визначали синхронні зв'язки між датами стійкого переходу через  $0, \pm 5^{\circ}\text{C}$  й аномалією температури повітря, і на їх основі прогностичне рівняння регресії:

$$\Delta D = A \cdot \Delta t + B,$$

де  $\Delta D$  – прогностична аномалія дати переходу;  $\Delta t$  – прогностична аномалія температури повітря за сезон чи місяць (за методом С.Т.Пагани);  $A$  і  $B$  – константи. Забезпеченість зв'язку становить 75 %. Якщо похибка 5 днів (для всіх типів переходів: рано, пізно, норма), забезпеченість становить 57 %, 10 днів – 84 % [20].

Прогнози дат стійкого переходу температури через певні інтервали розроблялись із використанням як температурних, так і циркуляційних показників: за методикою Д.А.Педея розраховували середні багаторічні дати переходу та аномалії дат для кожного року, потім, використовуючи гармонічний аналіз, визначали профілі середніх місячних полів  $H_{500}$  для років з ранніми та пізніми переходами. Виявилось, що головні риси планетарних процесів, що супроводжують ранні та пізні переходи, проявляються за аналізом першої гармоніки. У результаті отримано дві прогностичні схеми за використанням предикторів: а) аномалії середньої приземної температури за березень й осі висотної улоговини першої гармоніки також у березні; б) тільки наземні дані – аномалія температури повітря, висота снігового покриву, середній меридіональний градієнт тиску. Завчасність прогнозу в середньому 15 днів [46].

Таким чином, у розробленні прогнозів дат переходу через певні межі використовуються середні значення температури за добу, пентаду, декаду, місяць. За 50-річний період спостережень для Москви було виконано порівняння дат переходів, визначених за кожний рік, та їхніх середніх квадратичних відхилень, якщо використовувати середні

температури за добу, декаду або місяць. Аналіз даних показав, що дати переходу температури через певні інтервали майже з однаковою точністю можна визначати за цими даними, але в окремі роки можна спостерігати значні розбіжності ( $> 10$  днів) і, крім того, розбіжності більші, якщо використовувати середні місячні значення температури [41]. Очевидно, використання середніх значень температури за пентаду, декаду чи місяць для визначання дат її стійкого переходу через згладження ходу доцільно тільки для кліматичного опису території. Безумовно, дати стійкого переходу температури будуть визначені точніше за середніми добовими значеннями.

Оскільки стійкий перехід середньої добової температури через певні послідовні межі є проявом макроциркуляційних процесів, бо здійснюється на великих просторах, то прогнози, в яких використовуються безпосередньо циркуляційні чинники, більш ефективні. Загалом для об'єктивного прогнозу дат переходу температури потрібні як прогнози аномалії циркуляції, так і спричинені ними аномалії тепла чи холоду.

Розвиток прогнозування дат стійкого переходу температури здійснювався поступово – від визначення дат на окремих станціях до груп станцій, які характеризують певну територію, тобто проводилася типізація полів переходу на значних просторах.

Перехід температури через відповідні інтервали може відбуватися більш-менш рівномірно на всій території, але можливо й таке, що в одних районах раніше, в інших пізніше. Тому доцільно проводити типізацію полів переходів. Для цього розраховують за багаторічними даними амплітуди коливань дат стійкого переходу середньої добової температури через фіксовані значення, особливо через  $0, \pm 5^{\circ}\text{C}$ , і визначають: а) поля з мінімальними (максимальними) значеннями амплітуд для кожної температурної межі; б) тенденцію змін амплітуди коливань за переходом від однієї температурної межі до іншої [27]. Такий аналіз дозволяє виявити просторово-часові особливості типів полів і виконати кліматичний опис території, особливо в період суттєвих кліматичних змін, тобто нестаціонарність прояву цих змін у річному ході.

Аналіз рядів дат стійкого переходу температури через  $0, 5, 10^{\circ}\text{C}$  навесні й восени за 1891-1990 рр. на Європейській території Росії, південній частині Сибіру, на території Казахстану і Середньої Азії вказує на тенденцію зміщення навесні дати переходу через  $0^{\circ}\text{C}$  на більш ранні



строки (близько 10 днів за 100 років). Подібна тенденція відмічається і в датах переходу через 5, 10°C, тільки значно слабкіша і значуще проявляється в південних районах. Проте фіксують регіони із запізненням весни – від північних районів Західного та Східного Сибіру до Монголії.

Тенденції зміни дат переходів через 0, 5, 10°C восени проявляються слабше: тільки на південному заході та півдні на значних територіях спостерігається зміщення дат переходу через 0°C на більш пізні строки, але на великих площах фіксується осіннє зниження температури й більш ранні дати переходу. Відмічають також райони (п-в Таймир, Східносибірське плоскогір'я), де весна запізнюється, а осінь настає раніше [28].

Аномалія поля стійкого переходу температури найкраще описується критерієм аномальності (К) Багрова [5]. Недоліком критерію є те, що він не визначає знака аномалії. Тому для опису полів аномальності введено параметри  $P_1, P_2, P_3$ :

$$P_1 = n^+_{>0} / N \% ; \quad P_2 = n^+_{>1} / N \% ; \quad P_3 = n^-_{>1} / N \% ,$$

де  $N$  – загальна кількість станцій;  $n$  – кількість станцій для  $P_1$  з аномалією  $A > 0$ ; для  $P_2$  з  $A > 0$ , але  $A / \sigma > 1$ ; для  $P_3$  з  $A < 0$ , але  $|A / \sigma| > 1$ . Використання  $P_1, P_2, P_3$  дає більш детальну картину розподілу. За повторюваністю  $K$  для дат переходу через 0,  $\pm 5^\circ\text{C}$  визначено модальне значення  $K = 0,8$ . Мала аномальність –  $K < 0,8$ , велика –  $K \geq 0,8$  [22].

Аналіз спадковості аномальності суміжних полів дозволяє виявляти прогностичні ознаки: коли у вихідних полях дат переходу через  $-5$  і  $0^\circ\text{C}$  відмічається схема: мала аномальність  $\rightarrow$  у велику або велика  $\rightarrow$  у велику, то у полі дат переходу через  $5^\circ\text{C}$  буде спостерігатись велика аномальність; якщо схема є такою: велика аномальність  $\rightarrow$  у малу, то полю дат переходу через  $5^\circ\text{C}$  буде характерна мала аномальність.

Якість прогнозів дат переходу температури через певні інтервали, як і середньої місячної температури, може бути оцінена двома параметрами:

$$\rho = n_+ - n_- / n, \quad Q = 1/n \sum (A_\phi - A_n)^2 / \sigma^2,$$

де  $n$  – загальна кількість станцій, приблизно рівномірно розміщених у просторі території;  $n_+$  ( $n_-$ ) – кількість станцій, де прогноз справдився (не справдився);  $A_\phi$  ( $A_n$ ) – фактична (прогностична) аномалія;  $\sigma^2$  – дисперсія фактичних аномалій. Прогноз справджується, якщо знак  $A_\phi$  збігається зі знаком  $A_n$ . На практиці прийнято:  $\rho > 0$  і  $Q < 1$  – прогноз хороший;  $\rho < 0$  і

$Q > 1$  – прогноз незадовільний;  $\rho > 0$  і  $Q > 1$  або  $\rho < 0$  і  $Q < 1$  – прогноз задовільний [4].

Удосконалювати прогнозування дат стійкого переходу температури через певні межі потрібно не тільки через більш широке використання в різних галузях економіки, а й тому, що змінюються кліматичні умови. Основними змінами слід вважати більш високий фон температури і значну аномальність її ходу в холодний період року та поступове зростання континентальності клімату над Євразією [17].

Головними чинниками, від яких залежить успішність прогнозу дат переходу, є довгострокові (місяць, сезон) прогнози аномалій циркуляційних процесів та приземної температури повітря. Для вирішення цієї проблеми використовуються сукупно всі методи: синоптичний, статистичний та гідродинамічний. На сьогодні створюються й удосконалюються моделі загальної циркуляції, в яких поступово відтворюється вся кліматична система „атмосфера – суходіл – океан” та її особливості; визначається взаємодія динаміки атмосфери та граничних умов, які повільно змінюються; розробляється ймовірнісна форма прогнозу. Вирішенню цих завдань приділяється всесвітня увага.

### **Висновки**

Реферативний огляд літературних джерел дозволив оцінити сучасні кліматичні зміни різних метеорологічних величин (приземна температура повітря, кількість опадів, динаміка приземного шару атмосфери, загальна циркуляція атмосфери) та виділити основні чинники, що зумовлюють ці зміни; окреслити головні причини, що сприяють аномальності погоди; провести моніторинг існуючих прогнозів аномалії температури та дат переходів приземної температури через зазначені межі.

\* \*

1. Антоновский М.Я., Бухштабер В.М., Пивоваров В.А. Динамика закономерностей поля концентраций атмосферного  $\text{CO}_2$  на основе данных мониторинга в течение последних 45 лет // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С. 67-76.
2. Бабиченко В.Н., Короткова А.Я. Продолжительность перехода температуры воздуха  $>10^\circ\text{C}$  на Украине // Тр. УкрНИГМИ. – 1974. – Вып.121. – С. 15-25.
3. Бабиченко В.Н., Бондаренко З.С., Рудышина С.Ф. Даты перехода средней суточной температуры воздуха через определенные пределы по административным областям Украины // Тр. УкрНИГМИ. – 1980. – Вып. 180. – С. 12-21.

4. *Багров Н.А.* О статистических свойствах некоторых оценок прогнозов // Тр. ММЦ. – 1966. – Вып. 9. – С. 61-69.
5. *Багров Н.А., Мякишева Н.Н.* Некоторые характеристики аномалий средних месячных температур воздуха // Тр. ММЦ. – 1966. – Вып. 9. – С. 3-17.
6. *Байдал М.Х.* Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 446 с.
7. *Бугаева И.В., Тарасенко Д.А., Бутко А.И.* Стратосферные потепления и особенности зимних процессов 1987/88 и 1988/89 гг. // Метеорология и гидрология. – 1990. – № 7. – С. 28-35.
8. *Володин Е.М., Дианский Н.А.* Воспроизведение Эль-Ниньо в совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 12. – С. 5-14.
9. *Володин Е.М., Дианский Н.А.* Моделирование изменений климата в XX – XXI столетиях с помощью совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана // Изв. РАН. ФАО. – 2006. – Т. 42. – № 3. – С. 1-16.
10. *Гавриленко Н.М.* Характеристика дат весеннего перехода температуры воздуха через 0, 5 и 10° С на Украине // Тр. УкрНИГМИ. – 1961. – Вып. 27. – С. 47-55.
11. *Гавриленко Н.М.* Особенности прогноза дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0° весной на Украине // Тр. УкрНИГМИ. – 1962. – Вып. 32. – С. 18-25.
12. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я. и др.* Структура и изменчивость современного климата // Метеорология и гидрология. – 1990. – № 7. – С. 14-18.
13. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С. 50-66.
14. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В.* Крупномасштабные колебания циркуляции атмосферы в Южном полушарии и их влияние на изменение климата некоторых регионов земного шара в XX веке // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 7. – С. 5-17.
15. *Дзюба А.В., Панин Г.Н.* Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетиях // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 5. – С. 5-27.
16. *Дымников В.П., Володин Е.М., Галин В.Я. и др.* Чувствительность климатической системы к малым внешним воздействиям // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С. 77-92.
17. *Зверяев И.И.* Климатология и долгопериодная изменчивость годового хода температуры воздуха над Европой // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 7. – С. 18-24.
18. *Исаев Э.А.* Методика прогноза устойчивого перехода температуры через нуль осенью и весной // Тр. НИУ ГУГМС, 1946. – Сер.2. – Вып.15. – С. 3-18.

19. *Кац А.Л.* О цикличности в экваториальной стратосфере и взаимосвязи ее с общей циркуляцией атмосферы // *Метеорология и гидрология.* – 1975. – № 12. – С. 3-13.
20. *Козельцева В.Ф.* К проблеме прогноза дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0, \pm 5^\circ$  // *Тр. ГМЦ.* – 1971. – Вып. 76. – С. 73-81.
21. *Козельцева В.Ф.* О возможности прогноза дат устойчивого перехода температуры воздуха через  $0$  и  $\pm 5^\circ$  на весну и отдельные месяцы // *Тр. ГМЦ.* – 1972. – Вып. 93. – С. 47-53.
22. *Козельцева В.Ф., Педь Д.А.* Аномальность полей дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через  $- 5, 0$  и  $+5^\circ$  весной // *Тр. ГМЦ.* – 1972. – Вып. 96. – С. 86-94.
23. *Кондратьев К.Я.* Неопределенности данных наблюдений и численного моделирования климата // *Метеорология и гидрология.* – 2004. – № 4. – С. 93-119.
24. *Короткова А.Я., Фридман А.М.* Исследование сроков устойчивого перехода средней суточной температуры через  $0$  и  $10^\circ$  весной на Украине с помощью естественных ортогональных функций // *Тр. УкрНИГМИ.* – 1973. – Вып. 122. – С. 96-105.
25. *Луц Н.В.* Многолетняя изменчивость скорости ветра в Восточном Приазовье // *Метеорология и гидрология.* – 2001. – № 2. – С. 98-102.
26. *Михайлова Н.И.* О возможности расчета сроков устойчивого перехода температуры воздуха через  $5^\circ$  // *Тр. УкрНИГМИ,* 1965.–Вып. 49. – С. 93-105.
27. *Минин А.А., Лисеев А.А.* Амплитуды колебаний дат начала весны на Русской равнине // *Метеорология и гидрология.* – 1991 – № 11. – С. 62-67.
28. *Мирвис В.М., Гусева И.П., Мещерская А.В.* Тенденции изменения временных границ теплого и вегетационного сезонов на территории бывшего СССР за длительный период // *Метеорология и гидрология.* – 1996. – № 9. – С. 106-116.
29. *Мирвис В.М., Гусева И.П.* Оценки изменения продолжительности безморозного периода вегетации на территории России и сопредельных государств в XX веке // *Метеорология и гидрология.* – 2006. – № 1. – С. 106-113.
30. *Павловская А.А.* Физико-статистический метод прогноза средней месячной температуры воздуха на холодную часть года // *Метеорология и гидрология.* – 1987. – № 8. – С. 5-11.
31. *Пагава С.Т., Аристов Н.А. и др.* Основы синоптического метода сезонных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 362 с.
32. *Пагава С.Т.* Некоторые особенности оперативного метода месячных прогнозов погоды // *Тр. ГМЦ.* – 1967. – Вып. 10. – С. 3-17.
33. *Педь Д.А., Кашлева Л.И.* Об успешности одного из статистических способов прогноза аномалии средней месячной температуры воздуха // *Тр. ГМЦ.* – 1967. – Вып. 10. – С. 69-75.

34. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Исмагилов Н.В.* Структура и взаимосвязи зимних макроциркуляционных процессов в тропосфере и стратосфере умеренных широт Северного полушария // *Метеорология и гидрология.* – 1998. – № 5. – С. 25-35.
35. *Петросянц М.А., Гущина Д.Ю.* Крупномасштабное взаимодействие глобальной циркуляции атмосферы с температурой поверхности экваториальной части Тихого океана // *Метеорология и гидрология.* – 1998. – № 5. – С. 5-24.
36. *Петросянц М.А., Гущина Д.Ю.* Об определении явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья // *Метеорология и гидрология.* – 2002. – № 8. – С. 24-35.
37. *Петросянц М.А., Гущина Д.Ю.* Циркуляция скорости ветра в центрах действия атмосферы как показатель количества осадков и температуры в их пределах. 1. Анализ взаимосвязей на сезонных масштабах // *Метеорология и гидрология.* – 2006. – № 5. – С. 5-20.
38. *Погосян Х.П., Павловская А.А.* О зимних потеплениях в стратосфере Северного полушария // *Метеорология и гидрология,* 1978.– № 2. – С. 15-20.
39. *Попов А.В.* Особенности крупных аномалий температуры воздуха на территории СССР // *Тр. ГМЦ.* – 1972. – Вып. 93. – С. 91-100.
40. *Попова В.В., Шмакин А.Б.* Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий температуры воздуха зимой в Северной Евразии в конце XX столетия // *Метеорология и гидрология.* – 2006. – № 12. – С. 15-24.
41. *Поповская О.М.* К методике определения дат устойчивого перехода температуры воздуха и почвы через определенные пределы // *Тр. ЦИП.* – 1956. – Вып. 47(74). – С. 93-96.
42. *Рубинштейн К.Г., Оганесян В.В., Грачев В.В.* Воспроизведение приземной температуры воздуха и ее изменчивости // *Метеорология и гидрология.* – 2004. – № 12. – С. 42-51.
43. *Рудяев Ф.И.* Изменения скорости вращения Земли, обусловленные зональным приливом и их проявления в поле атмосферного давления // *Изв. ВГО.* – 1984. – Т. 116. – № 2. – С. 120-126.
44. *Угрюмов А.И., Бакулина Е.А., Дунаева Е.А.* Связь весенних перестроек циркуляции в стратосфере с характером процессов в тропосфере в марте-июне // *Метеорология и гидрология.* – 2009. – № 2. – С. 29-37.
45. *Фридман А.М., Короткова А.Я.* Статистическая оценка влияния метеорологических факторов на сроки устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 10° весной на Украине // *Тр. УкрНИГМИ.* – 1973. – Вып. 124. – С. 53-59.
46. *Чистякова Е.А.* Исследование переходов температуры воздуха через 0° в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // *Метеорология и гидрология.* – 1967. – № 9. – С. 40-47.
47. *Шерстюков Б.Г.* Долгосрочный прогноз месячной и сезонной температуры воздуха с учетом периодической нестационарности // *Метеорология и гидрология.* – 2007. – № 9. – С. 14-26.

48. Юдин М.И., Мещерская А.В. Комплексный физико-статистический метод прогноза погоды большой заблаговременности // Метеорология и гидрология . – 1977. – № 1. – С. 3-12.
49. Achuta Rao K., Sperber K.R. The CMIP modeling groups. EL Niño / Southern Oscillation in coupled models // PCMDI Report. – 2000. – № 61. – P. 1-50.
50. Climate Diagnostics Bulletin // US. Dept. of Commerce. – 2001.
51. Scherhag R. Die explosion sartigen Stratosphären – erwärmungen des Spartwinters 1951-1952. Ber. Deutsch. Wetterdienstes. U. S. Zone // Bad Kissingen. – 1952. – Bd. 6. – № 38. – S. 51-63.

*Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Київ*

**Т.Н. Заболоцкая, О.А. Скриник**

**Прогнозирование дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через определенные пределы**

*Выполнен реферативный обзор прогнозов дат устойчивого перехода средней суточной приземной температуры воздуха через определенные пределы. Показано, что для получения высокой степени оправдываемости долгосрочных прогнозов необходимо учитывать современные климатические изменения. Названы основные причины, которые могут приводить к аномальным датам перехода температуры воздуха через определенные пределы.*

**T.M. Zabolotska, O.A. Skrynyk**

**Forecast of data to the stable change of earth mean daily temperature through appointed limits**

*The forecast review of data to the stable change of earth mean daily temperature through appointed limits is accomplished. It is shown that necessary to take into consideration the present climatic changes for to receive of the high level of validity. It is present the main reasons which can to produce an anomalous data of the stable temperature change through appointed limits.*