

ДО ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ДАТИ СТІЙКОГО ПЕРЕХОДУ СЕРЕДНЬОЇ ДОБОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ЧЕРЕЗ ФІКСОВАНЕ ЗНАЧЕННЯ

Запропоновано новий метод визначення дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через певне фіксоване (порогове) значення. Метод є оптимальним для виявлення тенденцій вікових змін часових меж і тривалості періодів із температурою вище (нижче) певних значень.

Вступ

Дослідження сучасних змін клімату – дуже важлива та актуальна наукова задача, одним із аспектів якої є дослідження тенденцій змін часових меж і тривалості періодів з температурою повітря вище (нижче) певних порогових значень. Про важливість та актуальність вказаного аспекту свідчить, наприклад, велика кількість публікацій, які з'явилися останніми роками і присвячені цій тематиці [3, 8, 10-12, 17].

Важливим моментом проведення подібних кліматологічних досліджень є вибір методу визначення дати стійкого переходу температури через порогові значення.

У даній роботі пропонується метод визначення стійкого переходу середньої добової температури повітря, який, на наш погляд, є оптимальним для проведення досліджень, метою яких є виявлення тенденцій вікових змін вказаних кліматичних характеристик.

Постановка проблеми

Проблемою визначення стійких переходів температури повітря через певні границі активно займались у середині ХХ ст. Було запропоновано декілька різних методів розрахунку стійких переходів, наприклад, методи Педя [15], Федорова [1], Шепелевського [1], Наумової [14], Поповської [16], Гольцберг [2, 16]. Слід підкреслити, що згадані методи нерідко дають **дуже** різні результати. Тому, на наш погляд, все ж таки повного розуміння у цьому питанні досягнуто не було.

Вважаємо, що проведення докладного порівняльного критичного аналізу існуючих методів визначення дат стійких переходів температури повітря через різні порогові значення з метою виявлення їх переваг і недоліків може служити предметом окремого дослідження. В представленій публікації звернемо увагу лише на загальні проблеми, які мають відношення до всіх методів.

Проблема перша. Не зовсім зрозуміло, яку температуру повітря слід розглядати як первинну інформацію (яке первинне опрацювання повинна пройти емпірична інформація). Відомо, що метеорологічна величина, температура повітря, є дуже мінливою в часі, причому на різних часових масштабах: від декількох секунд, причиною чого є турбулентність, до міжрічних кліматичних флуктуацій і більше. Оскільки мова йде про перехід через певне порогове значення в річному ході температури, або точніше, про перехід при наявності суттєвих коливань температури близько нього, то, очевидно, можна обмежитися або строковими вимірами, або середніми добовими значеннями. Річ у тім, що внаслідок добового ходу температура може знижуватись і підвищуватись відносно розглядуваної границі на порівняно великі значення. Також у річному ході середньої добової температури можливі аналогічні коливання.

Якщо у кліматологічних дослідженнях як первинну інформацію можна брати середню добову температуру, то в агрометеорології це – нетривіальне питання. Очевидно, можливі випадки, коли середня добова температура вища від порогового значення, а в результаті добового ходу вона знижується на таку величину, при якій втрачає зміст досліджуваний агрокліматичний ресурс. Це питання піднімалось, наприклад, у [12].

Проблема друга. Не існує формального означення стійкого переходу окремої реалізації випадкового процесу через задане значення. Саме тому, на наш погляд, запропоновано багато різних методів. Слід відмітити, що вказана проблема може виникати і в інших науках (наприклад, статистична радіофізика, статистична механіка), в яких доводиться аналізувати поведінку окремих реалізацій випадкових процесів. Вважаємо, що дати загальне означення стійкого переходу, яке було б придатним для різних наук (тобто, повністю формалізувати розв'язання проблеми), напевне, неможливо. Більше того, навіть у межах метеорології і кліматології означення, яке підходило б для різних задач дослідження, дати дуже важко. На нашу думку, для різних цілей найбільш оптимальним буде свій підхід. Відповідно, до розв'язання різних

кліматологічних задач слід застосовувати різні методи визначення стійких переходів. Для проведення найбільш повного дослідження даних кліматичних характеристик необхідно здійснювати комплексний підхід, з використанням різних методів. Аналогічний висновок отриманий також іншими дослідниками [2].

Оскільки у дослідженнях вікових змін часових меж і тривалості періодів з температурою вище (нижче) певних значень найбільшого поширення отримав метод Д.А.Педея [15], то окремо зупинимось на ньому. Зауважимо, що існує алгоритм [11], який на основі дослідження властивостей накопиченої суми відхилень температури від фіксованого значення повністю автоматизовує метод Педея. Тому його можна також назвати методом мінімуму (максимуму) накопичуваної суми відхилень середньої добової температури повітря від заданого значення. На наш погляд, в кліматології вказаний метод доцільно використовувати для дослідження особливостей стійких переходів температури, притаманних кожному окремому року, а також для вивчення особливостей їх міжрічних змін (флуктуацій). Проте він мало підходить для виявлення регулярних змін у віковому ході досліджуваних характеристик, оскільки отримані за допомогою цього методу ряди мають велику дисперсію і значну міжрічну мінливість. У той же час відомо, що досліджувати такі ряди на предмет можливих регулярних змін дуже важко. Наприклад, найбільш проста характеристика регулярних змін, коефіцієнт лінійного тренду, для таких рядів буде дуже сильно залежати від довжини досліджуваного ряду. Для того, щоб коефіцієнт лінійного тренду давав реальне уявлення про регулярні зміни, необхідно апріорі знати, які зміни відбувались і на яких проміжках часу, і розраховувати коефіцієнти лінійних трендів саме для цих проміжків. Така інформація не завжди відома. Наприклад, для того, щоб правильно оцінити вікові зміни, які **вже** відбулися внаслідок антропогенного навантаження на кліматичну систему, треба досліджувати ряди, довжина яких охоплює весь так званий індустріальний період (тобто, з початку минулого століття і до наших днів). В іншому випадку результати не завжди будуть правильно відображати реальні зміни. Вказана умова часто не виконується під час виконання подібного роду кліматологічних досліджень (причиною чого, напевне, є те, що не доступні емпіричні дані такої довжини).

Кліматологічний метод визначення стійкого переходу середньої добової температури повітря через деяке порогове значення

Проводячи дослідження сучасних змін клімату, як правило, ставиться дві задачі: 1. Дати обґрунтовану відповідь на питання: „Що вже відбулося з кліматичними характеристиками, які досліджуються?” 2. Передбачити: „Що відбуватиметься з ними в майбутньому?”. Тобто, спочатку слід зрозуміти (усвідомити), які зміни вже відбулися, проаналізувати їх, узагальнити, пояснити причини, а потім використати цю інформацію в тій чи іншій якості для отримання обґрунтованих прогнозів.

Виходячи з такого розуміння проблеми, пропонуємо метод визначення стійких переходів температури повітря, який, на наш погляд, є оптимальним для кліматологічних досліджень, мета яких дати відповідь на перше із вказаних питань. Для формалізації розв’язання проблеми спочатку дамо означення.

Нехай $t_i(\tau)$ (де t – середня добова температура, i – рік, τ – календарна дата дня) річний хід середньої добової температури повітря на деякій метеорологічній станції для вибраного року, для якого необхідно визначити дати стійкого весняного та осіннього переходів через фіксоване значення, рівне A . Будемо вважати, що $t_i(\tau)$ – окрема реалізація випадкового процесу $T(\tau, i)$, який залежить від i як від параметра. Тобто, основне вихідне положення, яке приймається для подальших міркувань, є наступним: *річний хід середньої добової температури на деякій станції є нестационарним випадковим процесом.*

Означення. *Стійкий перехід середньої добової температури повітря через порогове значення A – це перехід, який здійснює середнє значення (математичне очікування) $\bar{T}(\tau, i)$ випадкового процесу $T(\tau, i)$.*

Зауважимо, що згідно загальних фізико-статистичних міркувань функція $\bar{T}(\tau, i)$ є не випадковою функцією, гладкою та монотонною на своїх висхідній та низхідній гілках. Тому, на нашу думку, приведене означення є природнім, якщо стійкість переходу розглядати як стійкість відносно випадкових флуктуацій температури в річному ході.

Враховуючи вище викладене, очевидно, що:

дата стійкого весняного переходу середньої добової температури – це перший момент часу τ^ (календарна дата дня) на висхідній гілці річного ходу, для якого починає виконуватися умова $\bar{T}(\tau^*, i) \geq A$;*

дата стійкого осіннього переходу – перший момент часу τ^* (календарна дата дня) на низхідній гілці річного ходу, для якого починає виконуватися умова $\bar{T}(\tau^*, i) < A$.

Приведені означення дають достатню теоретичну базу для побудови алгоритму визначення дат стійких переходів середньої добової температури. Уточнимо лише процедуру отримання $\bar{T}(\tau, i)$.

Середнє значення випадкового процесу обчислюється за формулою [7]:

$$\bar{T}(\tau, i) = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t, \tau; i) dt, \quad (1)$$

де $f(t, \tau; i)$ – одноточкова (унарна) щільність розподілу ймовірностей для процесу $T(\tau, i)$. Проводити розрахунки за формулою (1) важко, тому на практиці доцільно використовувати її дискретний аналог [9]:

$$\bar{T}(\tau_k, i) \approx \bar{T}_d(\tau_k, i) = \sum_{j=1}^n \frac{t_j(\tau_k)}{n}, \quad k = 1, \dots, 365, \quad (2)$$

де n – кількість окремих реалізацій випадкового процесу $T(\tau, i)$, які складають „статистичний ансамбль”.

Згідно сучасних уявлень про клімат [13], ансамбль реалізацій випадкового процесу $T(\tau, i)$ можна отримати з симетричного відносно вибраного року (i) проміжку часу тривалістю декілька десятиліть $[i - m; i + m]$, де $n = 2m + 1$. Тобто, для вибраного року (i) ансамбль реалізацій випадкового процесу $T(\tau, i)$ будуть складати такі метеорологічні ряди:

$$t_{i-m}(\tau_k), \quad t_{i-m+1}(\tau_k), \quad \dots, \quad t_i(\tau_k), \quad \dots, \quad t_{i+m-1}(\tau_k), \quad t_{i+m}(\tau_k), \quad k = 1, \dots, 365 \quad (3)$$

Враховуючи (3), формулу (2) можна записати у вигляді, найбільш придатному для проведення практичних розрахунків:

$$\bar{T}_d(\tau_k, i) = \sum_{j=i-m}^{i+m} \frac{t_j(\tau_k)}{n}, \quad k = 1, \dots, 365 \quad (4)$$

Зауважимо, що отриманий на основі (4) ряд $\bar{T}_d(\tau_k, i)$, $k = 1, \dots, 365$ можна трактувати як середній за декілька десятиліть річний хід середньої

добової температури (кліматологічний річний хід [18]). Саме тому метод визначення дат переходу температури на його основі доцільно назвати **кліматологічним методом**. Іншим аргументом на користь такої назви є те, що отримувані з допомогою запропонованого методу дати переходу температури є характеристиками не одного конкретного року, а деякого періоду (в декілька десятиліть).

Дуже важливо відмітити, що приведена вище процедура визначення стійкого переходу ґрунтується на сучасному означенні найважливішого поняття кліматології – клімату [13]. Тому обґрунтованість запропонованого методу певною мірою визначається обґрунтованістю сучасного означення клімату.

За симетричний проміжок часу для набору окремих реалізацій річного ходу температури можна вибрати 31-річний проміжок, тобто $n = 31$ ($m = 15$). На наш погляд, це оптимальний проміжок. З одного боку, він задовольняє умову, прийняту в кліматології для мінімуму довжини періодів спостереження, що використовуються для отримання кліматологічних норм. З іншого – не надто великий, тому в отриманих часових рядах дат стійких переходів будуть враховані можливі довгоперіодичні (з періодом більшим ніж 31 рік) зміни досліджуваних характеристик.

При практичному застосуванні формули (4) виникають певні труднощі. Осереднення по ансамблю із 31-річної реалізації не дає гладкий хід осередненої величини. В осередненому річному ході температури спостерігаються інтенсивні коливання дуже малої амплітуди, накладені на деякий монотонний (на висхідній і низхідній гілках) хід. Слід відмітити, що збільшення кількості окремих реалізацій статистичного ансамблю не розв'яже проблему. Прямування до гладкого математичного очікування зі збільшенням кількості реалізацій ансамблю чисто теоретичне, яке на практиці може реалізовуватись лише для певних класів випадкових функцій. Таким чином, виникає проблема однозначності визначення стійкого переходу: внаслідок наявності малоамплітудних флуктуацій буде декілька переходів температури, але протягом дуже малого проміжку часу (кілька днів). Для розв'язання даної проблеми пропонуємо до отриманого кліматологічного річного ходу застосувати метод мінімуму (максимуму) накопичуваної суми відхилень температури.

Враховуючи вище зазначене, слід зробити зауваження. По-перше, оскільки обчислюваний перехід (на основі $\overline{T_d}(\tau_k, i)$, $k = 1, \dots, 365$) не завжди

буде співпадати з переходом, що здійснює теоретичний середній річний хід ($\bar{T}(\tau, i)$), то відповідно до вище приведеного означення, такі переходи більш правильно назвати *квазістійкими*. По-друге, отримані запропонованим методом часові ряди переходів середньої добової температури через певні порогові значення і тривалості відповідних періодів все ж будуть мати деяку долю випадкової складової. Тому їх теж необхідно досліджувати статистичними методами.

Приклади розрахунків, порівняльний аналіз отриманих результатів

Для виявлення і демонстрації переваг запропонованого методу при дослідженні тенденцій регулярних змін розглядуваних кліматичних характеристик було проведено розрахунки весняних, осінніх стійких переходів середньої добової температури повітря через 5^0 C і тривалість періоду з температурою вище вказаного значення. В якості первинного матеріалу використовувались дані про середню добову температуру за період з 1934 по 2005 рр. Розрахунки проводились для десяти метеорологічних станцій, які рівномірно розміщені на території України. На рис. 1, як приклад, що наочно демонструє застосування кліматологічного методу, приведено результати розрахунків вікового ходу аномалій (відносно стандартної кліматологічної норми) тривалості періоду з температурою вище 5^0 C для метеорологічної станції Київ. На даному рисунку для порівняння показано також віковий хід аномалій тривалості, отриманий за допомогою методу мінімуму (максимуму) накопичуваної суми відхилень температури. Часовий ряд, що описується кривою 2, має значно меншу дисперсію, тому його набагато легше проаналізувати на предмет існування регулярних змін (у тому числі і лінійних трендів). Очевидно, що вказана властивість буде характерною для часових рядів, отриманих кліматологічним методом для будь-якої іншої станції (див. табл. 1, 2).

У табл. 1, 2 наведено результати розрахунків деяких статистичних характеристик отриманих часових рядів. Оскільки мова йде про виявлення регулярних змін у досліджуваних рядах, то обчислювались лише наступні величини: σ - середнє квадратичне відхилення, k - коефіцієнт лінійного тренду, R^2 - квадрат кореляції Пірсона (коефіцієнт детермінації).

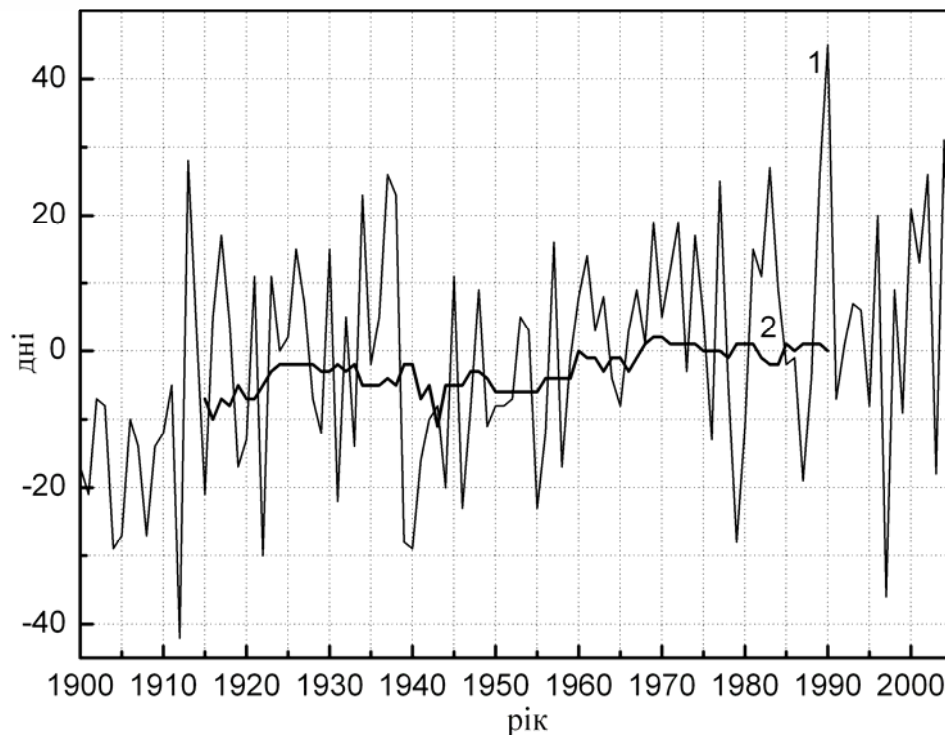


Рис. 1. Віковий хід аномалій (відхилень відносно кліматологічної стандартної норми) тривалості періоду з температурою повітря вище 5°C для метеорологічної станції Київ: 1 – ряд, отриманий з допомогою методу мінімуму (максимуму) накопиченої суми відхилень середньої добової температури; 2 – ряд, отриманий кліматологічним методом

Коефіцієнт детермінації показує долю загальної дисперсії ряду, яка враховується лінійним трендом. Саме тому його значення є зручним критерієм для оцінки статистичної значимості лінійних трендів. Зауважимо, що згідно рекомендацій [5] тренд можна вважати значимим, якщо доля дисперсії, яка враховується, є більшою за 15%.

Для проведення порівняльного аналізу вказані величини обчислювались для рядів, отриманих як кліматологічним методом, так і методом мінімуму (максимуму) накопичуваної суми відхилень температури.

Оскільки кліматологічний метод „обрізає” емпіричні ряди і обчислює дати стійких переходів для деякого внутрішнього проміжку, то для вказаної довжини емпіричних даних цей метод буде давати результат, починаючи з 1949 р. і закінчуючи 1990 р. Тому коефіцієнти лінійних

трендів часових рядів, отриманих кліматологічним методом, розраховувались для цього періоду.

Таблиця 1

Статистичні характеристики рядів дат стійких переходів температури повітря через 5⁰ С весною (I), осінню (II) і тривалості відповідного періоду (III), отриманих з допомогою методу мінімуму (максимуму) накопичуваної суми відхилень середньої добової температури повітря

Станція		Стандартна кліматологічна норма (1961 - 1990 рр.)	σ , дні	k , дні/100р	R^2 , %	σ , дні	k , дні/100р	R^2 , %
			1949 – 1990 рр.			1934 – 2005 рр.		
Ковель	I	30,03	12	-46	21	12	-5	1
	II	04,11	10	-6	0,5	12	-1	0
	III	219	15	40	11	18	4	0,2
Київ	I	30,03	12	-45	22	11	-11	4
	II	03,11	10	-6	0,5	11	6	2
	III	219	15	39	10	16	17	5
Шепетівка	I	03,04	10	-25	9	10	-3	0,3
	II	30,10	11	-18	4	12	3	0,2
	III	211	13	7	0,4	15	6	1
Лубни	I	03,04	10	-30	13	11	-14	7
	II	28,10	11	-5	0,3	12	5	0,7
	III	209	14	25	5	16	19	6
Полтава	I	02,04	10	-35	17	11	-13	7
	II	29,10	11	-5	0,3	11	4	0,5
	III	211	15	30	6	16	17	5
Умань	I	01,04	10	-29	12	11	-7	2
	II	31,10	12	-1	0	12	5	0,9
	III	214	126	28	5	17	13	3
Луганськ	I	31,03	9	-26	12	9	-13	11
	II	30,10	12	3	0,1	12	4	0,5
	III	215	15	28	6	15	17	6
Миколаїв	I	22,03	13	-37	12	12	-8	2
	II	14,11	14	-5	0,2	14	-7	0,5
	III	237	20	31	4	20	2	0
Асканія Нова	I	26,03	10	-25	10	10	-12	7
	II	13,11	14	-3	0,1	14	-1	0
	III	234	15	22	3	17	11	2
Феодосія	I	14,03	13	-28	4	18	-12	2
	II	09,12	22	-22	2	49	-11	1
	III	271	28	5	0	29	1	0

Таблиця 2

Статистичні характеристики рядів дат стійких переходів температури повітря через 5⁰ С весною (I), осінню (II) і тривалості відповідного періоду (III), отриманих з допомогою кліматологічного методу

Станція		Стандартна кліматологічна норма (1961 – 1990 рр.)	σ , дні	k , дні/100р	R^2 , %
			1949 – 1990 рр.		
Ковель	I	01,04	2	-14	81
	II	30,10	4	-8	9
	III	213	3	5	4
Київ	I	31,03	3	-21	80
	II	29,10	1	-5	31
	III	213	3	16	57
Шепетівка	I	02,04	3	-23	80
	II	27,10	2	-12	56
	III	209	2	11	34
Лубни	I	01,04	3	-23	80
	II	27,10	2	-12	75
	III	210	2	11	39
Полтава	I	01,04	2	-18	87
	II	27,10	2	-12	75
	III	210	1	6	30
Умань	I	31,03	3	-20	75
	II	28,10	2	-13	61
	III	212	2	7	18
Луганськ	I	30,03	2	-14	73
	II	28,10	2	-14	69
	III	213	1	0	0
Миколаїв	I	27,03	1	-10	77
	II	11,11	4	-26	77
	III	230	3	-17	51
Асканія Нова	I	27,03	2	-12	87
	II	10,11	4	-32	81
	III	229	3	-20	59
Феодосія	I	22,03	3	-22	85
	II	04,12	3	-23	74
	III	259	2	-1	1

Також коефіцієнти лінійних трендів часових рядів, отриманих методом мінімуму (максимуму) накопичуваної суми відхилень температури, розраховувались для цього ж періоду.

Зауважимо, що дати стійких переходів, які розраховані кліматологічним методом, наприклад для 1960 р., містять деяку долю інформації про особливості річного ходу середньої добової температури, притаманного кожному окремому року із 31-річного симетричного проміжку (з 1945 по 1975 рр.). Тому може виникнути питання про більш коректне порівняння коефіцієнтів лінійних трендів рядів, отриманих кліматологічним методом для періоду 1949-1990 рр. і отриманих методом мінімуму (максимуму) накопичувальних сум відхилень для періоду 1934-2005 рр. Крім того, можливо, інформація, отримана з аналізу рядів більшої тривалості (1934-2005 рр.) більш цінна від інформації, що одержана з аналізу рядів меншої тривалості (1949-1990 рр.). Для відповіді на ці питання були розраховані коефіцієнти лінійних трендів рядів, отриманих методом максимуму (мінімуму) накопичуваної суми відхилень температури і для періоду 1934-2000 рр.

З аналізу результатів обчислень, наведених в табл. 1, 2, випливає важливий висновок: *лінійні тренди рядів, отриманих кліматологічним методом, є практично завжди статистично значимими на відміну від трендів рядів, отриманих методом максимуму (мінімуму) накопичуваної суми відхилень температури.*

Для весняних переходів на всіх станціях величина R^2 набуває значень більших за 70%, тобто, всі отримані тренди є значимими. Для рядів отриманих іншим методом аналогічні значення не перевищують 22%, причому тільки для трьох станцій тренди значимі. Зауважимо, що все ж коефіцієнти детермінації рядів весняних переходів, отриманих методом максимуму (мінімуму) накопичуваної суми відхилень температури, приймають порівняно високі значення для всіх розглянутих станцій (порівняно з рядами осінніх переходів чи тривалості відповідного періоду). Тобто, результати, отримані на основі цього методу, теж можуть бути певним чином обґрунтовані. Таким чином, обидва методи показують практично однакову якісну картину вікових змін, що свідчить про надійність отримуваних висновків щодо динаміки весняних переходів.

Значимість трендів рядів осінніх переходів, отриманих кліматологічним методом, зберігається для всіх станцій, крім Ковеля (R^2

= 9%). Причому R^2 приймає дещо менші значення (від 31% до 81%) порівняно з весняними переходами. У той же час, **жоден** із трендів рядів осінніх переходів, отриманих методом максимуму (мінімуму) накопичуваної суми відхилень температури, не є значимим (R^2 не перевищує 4%).

Лінійні тренди рядів тривалості періоду з температурою вище 5⁰ C володіють аналогічними особливостями. За винятком станції Ковель, коефіцієнти детермінації R^2 для рядів, отриманих кліматологічним методом, значно перевищують відповідні значення для рядів, отриманих іншим методом. Причому, у першому випадку тільки три тренди не є значимими, у другому – **всі** тренди не значимі.

Зауважимо, що збільшення довжини досліджуваного періоду (1934-2005 рр.) не підвищує статистичну значимість трендів у рядах, отриманих методом максимуму (мінімуму) накопичуваної суми відхилень температури, швидше навпаки. На нашу думку, це може свідчити або про відсутність будь-яких трендів у цих рядах, або про нелінійний характер регулярних вікових змін.

З аналізу табл. 1, 2 випливає ще один важливий і цікавий результат. Спочатку зазначимо, що для рядів, отриманих методом максимуму (мінімуму) накопичуваної суми відхилень температури, характерна наступна особливість: чим коротший ряд, тим більше можливі різкі (нерегулярні) зміни у просторовому розподілі коефіцієнта лінійного тренду. На досить обмеженій території можуть спостерігатися різкі перепади його значень, що дуже важко пояснити. Порівнюючи результати, отримані у [17] і в даному дослідженні, можна зробити висновок, що збільшення довжини досліджуваних рядів веде до зменшення просторової неоднорідності величини k . Все ж, як впливає з аналізу табл. 1, 2, коефіцієнти лінійних трендів рядів, отриманих цим методом як для періоду 1949-1990 рр., так і для періоду 1934-2000 рр., не володіють будь-якими особливостями у просторовому розподілі.

Цілком інша картина спостерігається при використанні кліматологічного методу. У регулярних змінах всіх трьох досліджуваних кліматичних характеристик спостерігається певна просторова закономірність. Так, коефіцієнти лінійних трендів дат весняних переходів найбільших значень набувають на північному заході України, з поступовим зменшенням у південно-східному напрямі. Тобто, дати весняних переходів змістились на більш ранні строки на всій території

України, але у північно-західній частині більш інтенсивно, ніж у південно-східній.

Для дат осінніх переходів напрям процесів і просторова закономірність зберігаються, тільки інтенсивність прямо протилежна: у північно-західній частині дати осінніх переходів змістились на більш ранні строки менш інтенсивно, ніж у південно-східній частині України.

Враховуючи лінійну залежність тривалості періоду з температурою вище 5°C від дат весняних і осінніх переходів, відразу можна визначити характер регулярних просторових змін в тривалості вегетаційного періоду в Україні. На заході та півночі існує тенденція до збільшення, на півдні та сході - до зменшення тривалості періоду з температурою вище 5°C . Результати проведених розрахунків підтверджують зроблений висновок.

Варто підкреслити, що просторові зміни у характеристиках, які розглядаються, мають монотонний характер (за винятком станції Феодосія, що можна пояснити близьким розміщенням її до моря).

Саме такі особливості просторових змін найкраще узгоджуються з відомими висновками кліматологів [4, 8] щодо вікової трансформації температурного поля в Україні. Згідно з цими висновками, внаслідок глобального потепління в Україні найбільше потеплішали кінець зими й початок весни, причому найбільш інтенсивно в північно-західній частині.

Висновки

Таким чином, кліматологічний метод має ряд переваг при вирішенні питання про виявлення тенденцій регулярних змін у віковому ході часових меж і тривалості періодів з температурою вище (нижче) певних порогових значень. По-перше, він базується на формальному означенні стійкого переходу середньої добової температури повітря, обґрунтованість якого визначається обґрунтованістю сучасного означення клімату. По-друге, отримані кліматологічним методом часові ряди досліджуваних характеристик володіють значно меншою дисперсією і міжрічною мінливістю, що дозволяє набагато легше провести їх аналіз щодо виявлення можливих регулярних змін. Крім того, зменшення дисперсії приводить до збільшення статистичної значимості наявних лінійних трендів, що дозволяє робити більш обґрунтовані висновки стосовно можливих вікових змін досліджуваних кліматичних характеристик. По-третє, навіть для емпіричних даних досить короткої тривалості в часових рядах, отриманих за допомогою кліматологічного

методу, не спостерігається різка просторова мінливість коефіцієнту лінійних трендів, що дозволяє виявляти можливий характер регулярних просторових змін.

* *

Предложено новый метод определения дат устойчивых переходов средней суточной температуры воздуха через определенные пороговые значения. Метод есть оптимальным для выявления тенденций регулярных изменений временных границ и продолжительности периодов с температурой воздуха выше (ниже) определенных значений.

* *

1. Алисов Б.П., Дроздов О.А., Рубинштейн Е.С. Курс климатологии. Ч. 1, 2. – Л.: ГИМИЗ, 1952. – 488 с.
2. Бабиченко В.Н., Рудишина С.Ф., Бондаренко З.С., Гущина Л.М. Температура воздуха на Украине. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 398 с.
3. Бабіченко В.М., Ніколаєва Н.В., Рудішина С.Ф. Кліматична характеристика опалювального періоду на території України // Укр. геогр. журнал, 2007. – №1. – С. 20-27.
4. Волощук В.М., Бойченко С.Г., Степаненко С.М., Бортник С.Ю., Шищенко П.Г. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні і соціально-економічні аспекти. – К.: Вид-во Київ. ун-ту, 2002. – 117 с.
5. Груза Г., Ранькова Э. Изменение климатических условий европейской части России во второй половине XX века // <http://archipelag.ru/agenda/geoklimat/history/change>.
6. Зондзе Е.К. О системе оценок агроклиматических ресурсов Российской Федерации // Метеорология и гидрология. – 2002. – №3. – С. 90-100.
7. Казакевич Д.И. Основы теории случайных функций в задачах гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 232 с.
8. Клімат України / За ред. Ліпінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 335 с.
9. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 296 с.
10. Минин А.А. Изменчивость дат устойчивых переходов средней суточной температуры воздуха через пороговые значения на Русской равнине // Метеорология и гидрология. – 1994. – №4. – С. 66-71.

11. *Мирвис В.М., Гусева И.П., Мецкерская А.В.* Тенденция изменения временных границ теплого и вегетационных сезонов на территории бывшего СССР за длительный период // Метеорология и гидрология. – 1996. – №9. – С. 106-116.
12. *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.
13. *Монин О.С., Шишков Ю.О.* История климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 376 с.
14. *Наумова Л.П.* О датах устойчивого перехода метеорологических величин через разные уровни // Труды ГГО, 1986. – Вып. 501. – С. 49-53.
15. *Педь Д.А.* Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // Метеорология и гидрология, 1951. – №10. – С. 38-39.
16. *Поповская О.М.* К методике определения дат устойчивого перехода температуры воздуха и почвы через определенные пределы // Труды ЦИП, 1956. – Вып. 47 (74). – С. 93–96.
17. *Сніжко С.І., Скриник О.А., Щербань І.М.* Особливості тривалості вегетаційного періоду і періоду активної вегетації на території України (тенденції зміни внаслідок глобального потепління) // Укр. гідрометеорол. журн., 2007. – №2 – С. 119–128
18. *Хромов С.П., Мамонтова Л.И.* Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 620 с.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Київ