

## ЗАДАЧА ВИЗНАЧЕННЯ ДАТИ СТІЙКОГО ПЕРЕХОДУ ПРИЗЕМНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ЧЕРЕЗ ПЕВНЕ ФІКСОВАНЕ ЗНАЧЕННЯ (АНАЛІЗ МЕТОДІВ)

*Здійснено критичний аналіз основних методів, що використовуються для визначення дат стійких переходів температури повітря через фіксовані (порогові) значення. Запропоновано певні удосконалення для методу Д.А. Педея, які дозволяють ліквідувати його недоліки.*

**Ключові слова:** *стійкий перехід температури, метод Педея, метод гістограм.*

**Вступ.** В кліматології і агрометеорології особливе місце посідають дослідження стійких переходів приземної температури повітря через певні порогові значення і тривалості відповідних періодів (з температурою вищою чи нижчою таких значень). В кліматології зазначені показники є характеристиками термічного режиму досліджуваного регіону, в агрометеорології вони свідчать про можливість вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур.

В якості додаткового аргументу, що підтверджує **важливість** вказаних досліджень, назвемо лише декілька прикладних задач, які ними вирішуються. Це – вивчення особливостей тривалості опалювального періоду (з температурою нижче  $8^{\circ}\text{C}$ ) [1], вегетаційного періоду (з температурою вище  $5^{\circ}\text{C}$ ), періоду активної вегетації (з температурою вище  $10^{\circ}\text{C}$ ) [2]. Очевидно, що названі задачі мають велике практичне народногосподарське значення.

**Актуальність** проведення зазначених досліджень (як і будь-яких інших кліматологічних досліджень) продиктована сучасною глобальною проблемою – потеплінням клімату і його регіональних проявів. Усвідомлення того факту, що в динаміці клімату можливі «швидкі» зміни, ставить перед кліматологами завдання деякого переосмислення накопиченої кліматологічної інформації з метою виявлення і прогнозування таких змін, їх екологічних, соціальних і економічних наслідків.

Найбільш важливим і критичним етапом проведення досліджень часових меж і тривалості періодів з певною температурою є визначення дат стійких переходів температури повітря через порогові значення. Зауважимо, що запропоновано багато різних методів визначення стійких переходів, які нерідко дають різні результати. Тому при проведенні вказаних досліджень виникає проблема вибору «найкращого» методу.

Таким чином, **предметом даної публікації** – є проведення критичного порівняльного аналізу основних існуючих методів з метою виявлення їх переваг і недоліків.

**Загальна постановка задачі.** У найбільш загальному вигляді постановка задачі може бути сформульована наступним чином: *визначити момент часу (як правило, дату), коли настає стійкий перехід температури повітря через досліджуване порогове значення.* Очевидно, що мова йде про визначення стійких весняних і осінніх переходів в річному циклі температури повітря, тому таке визначення повинно здійснюватись на основі аналізу графіків її річного ходу. В той же час відомо, що температура повітря є дуже мінливою у часі. Це означає, що коли зафіксувати деяке значення (порогове значення), то коливання температури відносно нього будуть можливими на різних часових масштабах і в різні моменти часу. Причиною такої поведінки температури є те, що її часовий хід є окремою реалізацією нестационарного випадкового процесу, яка володіє певними фрактальними – самоподібними на різних масштабах – властивостями. Це добре видно на графіках ходу температури при різній часовій роздільній здатності

(рис. 1а, 1б). Тому, вже тут, по-суті, на підготовчому етапі вирішення задачі, виникає

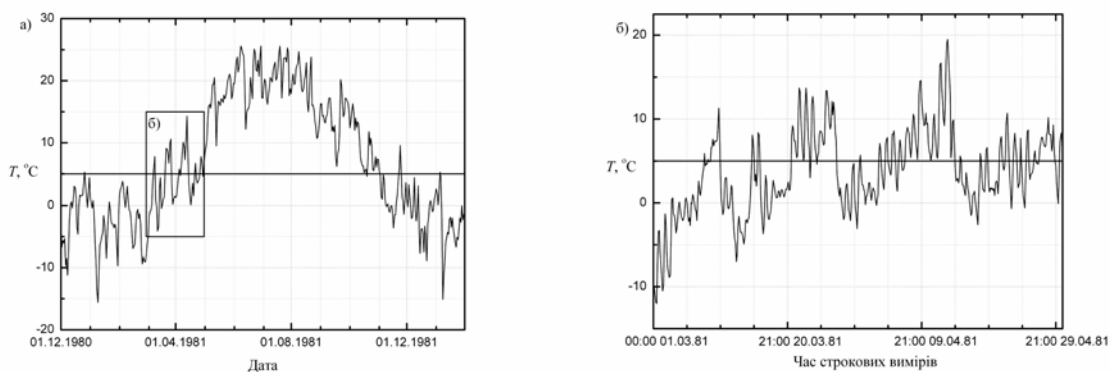


Рис. 1 - Типовий приклад часового ходу приземної температури повітря з різною роздільною здатністю (Київ, 1981 р.): (а) річний хід середньої добової температури; (б) строкові виміри (осереднені значення протягом декількох хвилин).

Зауваження. Приклад часового ходу температури із ще більшою часовою роздільною здатністю (порядку секунд) можна знайти, наприклад в [9, стор. 6]

**перша проблема:** яка мінімальна часова роздільна здатність повинна бути у графіків річного ходу, на основі яких і буде визначатися стійкий перехід? Тобто, перш ніж перейти до визначення власне самого стійкого переходу, спочатку необхідно в'яснити, яка емпірична інформація повинна використовуватись для аналізу (на яких часових масштабах коливання температури відносно порогового значення є важливими і суттєвими, а на яких ні).

Очевидно, що коливання на масштабах значно менших доби (порядку декількох годин і менше) не є суттєвими як для кліматології, так і для агрометеорології. Якщо для кліматології не є суттєвими і добові коливання, то для агрометеорології, на наш погляд, це питання потребує подальших досліджень [3]. Таким чином, після того як внаслідок тих чи інших міркувань здійснюється вибір, які ряди будуть опрацьовуватись (тобто, після вирішення першої проблеми), виникає **друга проблема:** оскільки переходів через порогове значення може існувати декілька, то не зовсім зрозуміло який із них слід вважати стійким, а який ні. Суть проблеми можна добре зрозуміти з аналізу графіка (рис. 1а), на якому представлено приклад реального річного ходу середньої добової температури на деякій метеорологічній станції.

На нашу думку складність розв'язання цієї проблеми полягає в двох важливих взаємопов'язаних аспектах: 1) немає строгого (формального), можна сказати математичного, означення стійкого переходу окремої реалізації нестационарного випадкового процесу через порогове значення; 2) не зовсім ясно, що треба розуміти під «стійкістю» переходу. Тобто, про **стійкість відносно чого** йде мова. Адже коли ми, наприклад, в механіці говоримо про стійкість положення рівноваги деякого матеріального тіла, то стійкість розуміємо відносно деяких малих відхилень від цього положення. Взагалі поняття стійкості припускає наявність якоїсь дії і реакції на неї [4]. Наприклад, у *чисельному аналізі* [5] говорять про стійкість алгоритму розв'язування задачі відносно похибок в обчисленнях: задаючи малі похибки на вході алгоритму, маємо отримати малі похибки на виході (в результаті); в *метеорології* – стійкість стратифікації [6]: малі вертикальні зміщення елементарних об'ємів повітря не приводять до розвитку конвекції (з часом затухають); в *теорії автоматичного*

управління [4]: стійкість характеризується реакцією динамічної системи на зовнішню дію та ін. Враховуючи вище сказане, не зовсім зрозуміло (це не було роз'яснено в **жодному** із відомих методів), яка дія стосовно температури чи її часового ходу, і яка реакція на цю дію має відбуватися, щоб дату переходу можна було вважати стійкою.

На наш погляд, саме тому, що не було отримано відповіді на вище приведені зауваження, запропоновано багато різних методів. Ще раз зазначимо, що вказані аспекти є взаємопов'язаними. З точки зору кліматології більш важливішим (основним, фундаментальним) є другий аспект, оскільки отримання відповіді на нього, по-суті, дасть відповідь і на перший.

Отже, загальну постановку задачі стосовно знаходження стійкого переходу приземної температури повітря через фіксоване порогове значення можна розділити на дві підзадачі: перша – вирішення на основі яких рядів буде визначатись стійкий перехід, друга – власне саме визначення, який із наявних переходів буде «стійким».

**Основні методи визначення стійкого переходу температури через порогове значення.** Розглянемо, як поставлені задачі вирішуються у основних відомих методах.

**Метод Д.А. Педя.** Судячи із цитувань в спеціалізованій науковій літературі, він є найбільш розповсюдженим (але не єдиним) методом при виконанні наукових досліджень, тому йому буде приділено найбільше уваги.

В методі використовується середня добова температура. Це означає, що вирішення першої підзадачі не завжди розв'язує основну. Метод був запропонований в 50-х роках минулого століття. В оригінальній роботі [7] приведено алгоритм визначення стійкого переходу з деяким його обґрунтуванням. Вказаний алгоритм не перераховує всі можливі випадки поведінки річного ходу середньої добової температури, хоча «по-аналогії» його можна поширити до загальної ситуації. Пізніше автором було виправлено вказану неточність і в роботі [8] було приведені загальне означення стійкого весняного переходу середньої добової температури через порогове значення. Приведемо його: «Під стійким переходом температури повітря через певну градацію весною приймається той день, після якого зворотного переходу зовсім не спостерігалось, або якщо він був, то сума його додатних відхилень перевищувала суму від'ємних відхилень».

В кінці 80-х рр. було запропоновано метод визначення дати стійкого переходу [9], в основі якого лежить дослідження властивостей накопиченої суми відхилень температури від порогового значення (метод мінімуму (максимуму) накопиченої суми відхилень). Як виявилось пізніше [10], запропонований метод, лише дублює і, до речі, повністю автоматизує метод Педя. Тому їх розглядатимемо одночасно.

На рис. 2а і 2б представлено ілюстрацію до прикладів обчислення дати стійкого весняного переходу через  $5^{\circ}\text{C}$  обома методами. Пояснимо більш детально алгоритми розрахунків як за методом Педя, так і за методом мінімуму (максимуму) накопиченої суми відхилень.

Отже, як впливає з вище приведеного означення, в основі методу Педя лежить порівняння значень площ градусо-днів у додатних і від'ємних відхиленнях приземної температури повітря від розглядуваного порогового значення (рис. 2а). Очевидно, якщо здійснюється простий перехід температури повітря (тобто, після першого переходу не спостерігається зниження температури нижче цього значення), то тоді дата  $D$  стійкого переходу температури повітря визначається просто: це перший день із середньою добовою температурою вищою або рівною розглядуваного порогового значення. Слід зауважити, що такі ситуації (простий перехід температури) в Україні трапляються дуже рідко.

При складному переході в [7] розглянуті наступні три випадки:

1. Дата стійкого переходу співпадає з датою першого переходу середньої добової температури повітря через задане значення. В цьому випадку після переходу

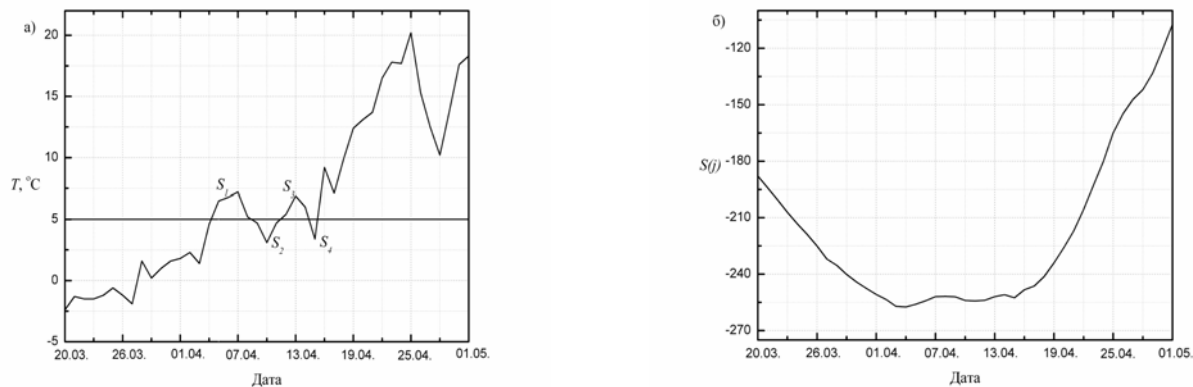


Рис.2 - Ілюстрація до пояснення алгоритмів визначення дати стійкого переходу температури (Київ, весна, 1996 р.) з допомогою: (а) методу Педея; (б) методу мінімуму (максимуму) накопиченої суми відхилення середньої добової температури від порогового значення.

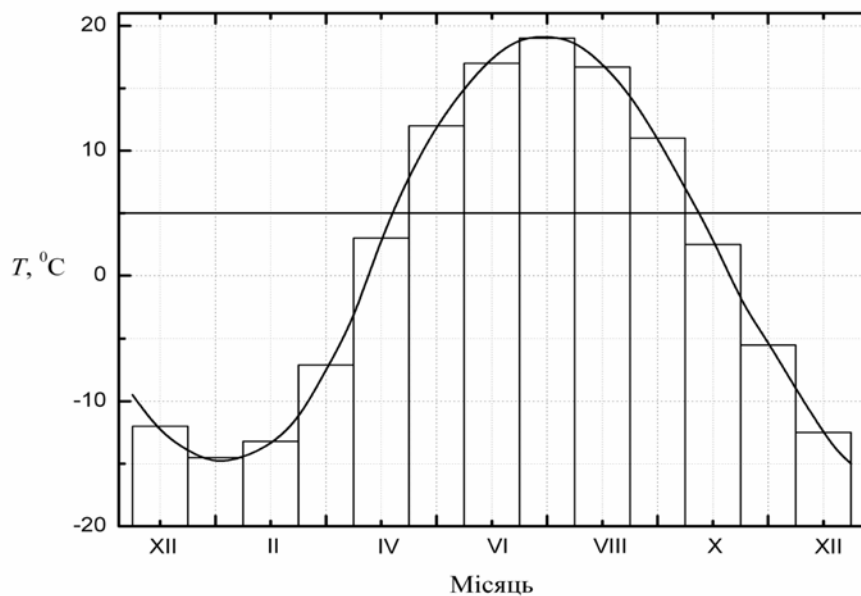


Рис. 3 - Визначення дати стійкого переходу температури повітря методом гістограм.

температури повітря через задане значення перша «додатна» площа градусо-днів ( $S_1$ ) більша або рівна наступній за нею «від'ємній» площі ( $S_2$ ). Крім того, їх різниця, додана до наступної «додатної» площі ( $S_3$ ), завжди більша або рівна другій «від'ємній» площі ( $S_4$ ), тобто виконуються нерівності:  $S_1 \geq S_2$ ,  $S_1 + S_3 \geq S_2 + S_4$ .

2. Дата стійкого переходу співпадає з датою другого переходу температури повітря через задане значення. В цьому випадку до дати стійкого переходу перша «додатна» площа градусо-днів ( $S_1$ ) менша наступної першої «від'ємної» площі ( $S_2$ ), а друга «додатна» площа ( $S_3$ ) більша або рівна другій «від'ємній» площі ( $S_4$ ). Тобто, виконуються нерівності:  $S_1 < S_2$ ,  $S_3 \geq S_4$ .

3. Дата стійкого переходу співпадає з датою остаточного переходу температури повітря. Для цього випадку повинні виконуватися наступні дві умови: а)  $S_1 < S_2$  і  $S_3 < S_4$ , або б)  $S_3 < S_4$  але при  $S_1 + S_3 < S_2 + S_4$ .

Ще раз зауважимо, що розглянуті три випадки не враховують всі можливі ситуації. Як правило, кількість переходів є значно більшою від трьох. Все ж суть методу є зрозумілою і по-аналогії його можна поширити до загального випадку.

Суть алгоритму визначення дати стійкого переходу у методі мінімуму (максимуму) накопиченої суми відхилень – в аналізі накопичених алгебраїчних сум відхилень температури від порогового значення. Тобто аналізується часовий хід функції  $S(j) = \sum_{i=i_*}^j (T_i - A)$ , де  $T_i$  – середня добова температура  $i$  – ї доби, а  $A$  – задане

порогове значення температури в межах зростаючої або спадаючої гілок річного циклу,  $i_*$  – доба, з якої починається сумування (рис. 2б). Можна показати, що функція  $S(j)$  досягає мінімального значення напередодні дати стійкого переходу через  $A$ , причому початок сумування ( $i_*$ ) може бути довільним, але повинна виконуватися одна умова: він повинен випереджати дату першого переходу. Справедливість цього покажемо на прикладі складного переходу (третій випадок) весною. Оскільки до першого переходу для всіх  $i$  відхилення ( $T_i - A$ ) від'ємні, то їх сума  $S(j) = \sum_{i=i_*}^j (T_i - A)$  неухильно спадає

(рис. 2б). Далі із умови  $S_1 + S_3 < S_2 + S_4$  випливає, що за період від першого переходу

до стійкого переходу величина  $S(j) = \sum_{i=i_*}^j (T_i - A)$  також набуває від'ємних значень.

Тому загальна сума досягає мінімуму напередодні стійкого переходу. Аналогічно можна показати, що на гілці спаду температури стійкому переходу буде передувати максимум накопиченої суми відхилень.

Враховуючи вище приведені обґрунтування ідентичності результатів, які дають розглядувані методи, в подальшому не будемо їх розрізняти і говоритимемо про них як про один і той же метод (коротко – метод Педя).

Вже згадувалось, що метод Педя найбільш часто використовується в наукових дослідженнях. Іноді його взагалі вважають еталонним методом [11] при виконанні досліджень особливостей переходів температури, притаманних кожному окремому року. Напевне це не повинно викликати особливих заперечень, оскільки для методу Педя можна запропонувати деяке обґрунтування того, чому отримувана дата переходу повинна вважатися стійкою. Безпосередньо в оригінальній роботі, в якій вперше його було запропоновано, таке обґрунтування не приведені. Навіть з означення стійкого весняного переходу, яке запропоноване дещо пізніше, це не зовсім зрозуміло. На наш

погляд, лише використовуючи властивості функції  $S(j)$  і деяку аналогію з механічною рівновагою, можна його здійснити. Так, згідно рис.2б, дату стійкого переходу температури (точку найбільшого по модулю мінімуму функції  $S(j)$ ) можна розглядати як «потенціальну яму», в якій положення механічної рівноваги є найбільш стійким. Для інших локальних мінімумів існуватимуть скінчені значення відхилень від цих положень (порогові значення), які виводитимуть «матеріальну точку» з рівноваги.

Проте залишається не зрозумілим, як трактувати тепер стійкість осіннього переходу, оскільки в цьому випадку функція  $S(j)$  досягає максимального, а не мінімального значення напередодні стійкого переходу (можливо, слід розглядати функцію  $S'(j) = \sum_{i=i_*}^j (A - T_i)$ ). Крім того, не зовсім зрозуміло, як обґрунтувати аналогію

між температурним ходом і механічним рухом.

Таким чином, у методі Педя не дається зрозумілої і чіткої відповіді на питання: в чому полягає стійкість отриманого переходу. Враховуючи вище зазначене, на нашу думку, стійкість обчислюваних методом Педя переходів, можна пояснити лише на інтуїтивному рівні (крім приведеного вище обґрунтування, можна, наприклад, ще звернути увагу на інерційність природних процесів, пов'язаних із температурою).

Інші недоліки методу Педя розглянемо пізніше.

**Метод Федорова А.В. (агрометеорологічний метод)** [12]. Метод, який використовує в своїй роботі Гідрометцентр України. Агрометеорологічний метод дуже схожий на метод Педя. В якості вхідного емпіричного матеріалу теж розглядається річний хід середньої добової температури. Тому, знову ж таки, вирішення першої підзадачі не завжди розв'язує основну. Як і в методі Педя, визначення стійкого переходу здійснюється на основі аналізу величин відхилень (площ градусо-днів) від порогового значення. Відмінність полягає в тому, що в агрометеорологічному методі дата стійкого переходу – це початок того періоду з додатними відхиленнями (з площею градусо-днів  $S_i$ ), після якого кожне із від'ємних відхилень не перевищує величину  $S_i$  (див. рис. 2а).

Обидва методи дають дуже схожі результати. Згідно проведених досліджень різні результати є десь у близько 10 % від загальної кількості випадків (обчислення проводились для декількох станцій в Україні для дат переходу через 0, 5, 10, і 15°C). Слід зауважити, що незважаючи на майже ідентичні результати, все ж трапляються випадки, коли отримвані дати переходу є різними (причому різниця може бути дуже значна, більше 15 днів).

Недоліки методу – такі ж як і у методі Педя. Все ж слід зауважити, що на наш погляд метод Педя більш органічний, більш правильно відображає інтуїтивне розуміння стійкого переходу.

**Метод Шепелевського А.А. (метод гістограм)**. Суто кліматологічний метод, який використовується дослідниками для отримання кліматологічних норм значень дат переходу температури повітря через порогові значення. Вхідна інформація, яка використовується для подальшого аналізу, це багаторічні значення середніх місячних температур. На основі цих даних відновлюється середній багаторічний річний хід температури з допомогою методу гістограм [13] (рис. 3). Оскільки отриманий таким способом річний хід є гладким і строго монотонним на висхідній і низхідній гілках річного циклу, то це означає, що проблема визначення стійкого переходу автоматично знімається: на кожній із гілок перехід буде тільки один (рис. 3), тому його і приймають за стійкий. Отже, зазначений підхід до вирішення першої підзадачі, автоматично розв'язує основну. Вказану особливість методу можна напевно вважати його найбільш

важливим позитивним моментом, адже зникає проблема вибору, і, таким чином, зникає питання про обґрунтування поняття стійкості переходу. Все ж зауважимо, що у розглядуваному методі стійкість дат переходу теж інтуїтивно зрозуміла, хоча з дещо інших причин ніж у методі Педя.

Стосовно методу гістограм слід звернути увагу на такі його проблемні місця. Як справедливо відмічено в [13], метод гістограм не завжди дає реальне відтворення осередненого річного ходу температури, тобто, осереднений річний хід не завжди є таким «гарним і правильним». В реальному осередненому річному ході можливі відхилення від монотонності на висхідній чи низхідній гілках, тому і дати переходів можуть значно відрізнятися.

Метод гістограм інколи називають також графічним методом, оскільки раніше побудову кривої річного ходу здійснювали ручним способом. Це означає, що основна вимога методу гістограм – рівність площ, що відсікаються і що приєднуються до прямокутників (рис. 3), дотримувалась тільки приблизно. Тобто, точність побудови кривої залежала від вміння та досвіду дослідника. Крім того, не зовсім зрозуміло, як будувати криву в точках максимуму і мінімуму. Зауважимо, що в сучасну епоху комп'ютерних технологій розробляються чисельні алгоритми графічного відновлення річного ходу температури методом гістограм, які дають непогані результати [14] і автоматизують процес побудови кривої річного ходу.

На нашу думку також є деяка логічна неузгодженість в методі гістограм. Тобто, не зовсім зрозуміло, чому *дату* переходу *середньої добової* температури треба визначати по середнім *місячним* значенням температури. Незрозуміло також чому така назва, адже до гістограм метод ніякого відношення немає (крім зовнішнього вигляду рисунку).

Зауважимо, що в методі Шепелевського в якості вхідної інформації можна використовувати і середні місячні (не багаторічні) значення температур. В такому випадку ним можна розраховувати дати переходу, що характеризують кожен окремий рік. Всі зауваження стосовно методу залишаються в силі.

Ми розглянули тільки основні методи, які отримали найширше використання чи в наукових цілях, чи в практичній роботі гідрометслужби. Існують і інші методи. Наприклад, *метод Гольцберг*, *метод Поповської* [11], *метод Наумової* [15] та ін. Всі вони є певними модифікаціями основних методів, тому докладно аналізувати їх немає необхідності.

**Узагальнений метод Педя.** Вважаємо, що серед існуючих методів метод Педя і метод Шепелевського є найбільш прийнятними інструментами для дослідження часових меж і тривалості періодів з певною температурою. Кожен із них має свої переваги і свої недоліки. Тому, на нашу думку, є необхідність в конструюванні такого методу (нового або удосконалення згаданих), який би увібрав в себе їх кращі властивості і в той же час не володів недоліками. Вважаємо, що основою для проведення такого удосконалення може стати метод Педя.

Спочатку дамо власне трактування поняття «стійкості» в контексті вирішення задачі про перехід приземної температури повітря через порогове значення. На нашу думку, *стійкість дати переходу температури* повинна розглядатися *відносно її малих випадкових флуктуацій*. Тобто, якщо в часовому ході температури в силу тих чи інших причин появлятимуться малі флуктуації (*дія*), то це не повинно вплинути *суттєво* на обчислювану дату переходу (*реакція на дію*). Звідки чи по якій причині в річному ході середньої добової температури можуть появлятися випадкові флуктуації? *По-перше*, часовий хід температури – реалізація випадкового процесу. Якщо ми розглядаємо часовий хід середньої добової температури, то ми фільтруємо високочастотну складову, але низькочастотна (з періодами більше ніж одна доба)

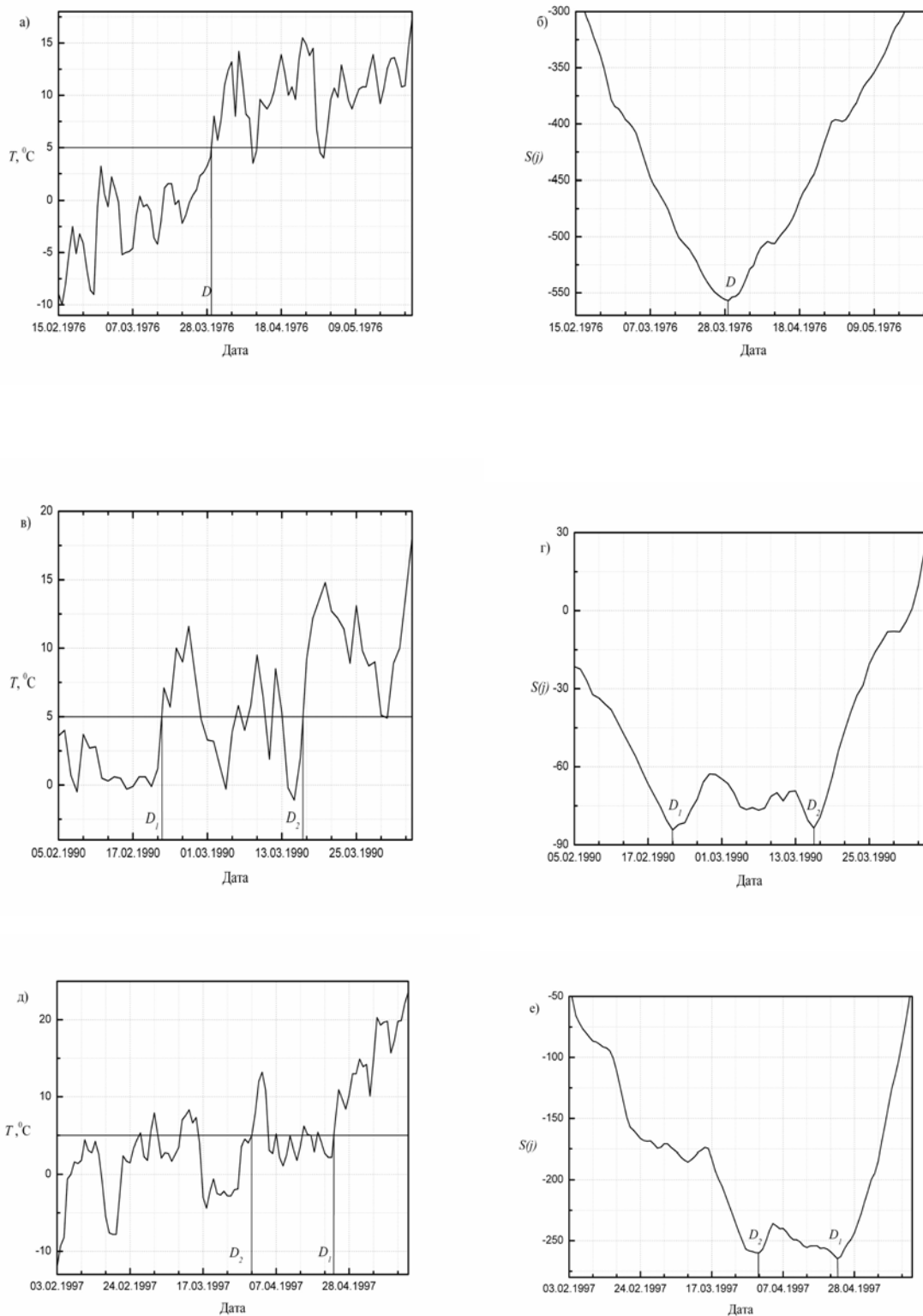
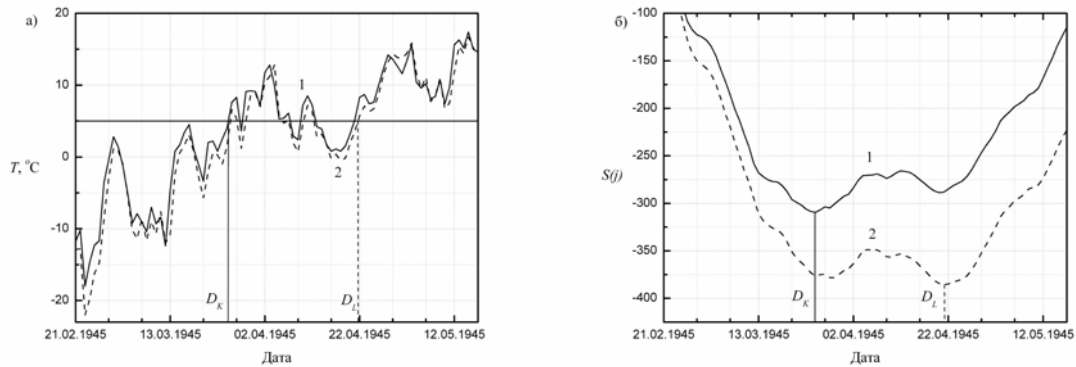


Рис. 4 - Типові ситуації складного весняного переходу температури повітря через  $5^\circ\text{C}$  (метеорологічна станція Київ).





1 – Київ, 2 – Лубни

Рис.5 – Просторова нестійкість дати переходу у методі Педя.

Будемо розглядати тільки весняні переходи температури, зауваживши, що для осінніх переходів ситуація є аналогічною. Для проведення аналізу, розглянемо три найхарактерніші випадки можливої поведінки температури на висхідній гілці річного ходу.

1) До дати  $D$  обчислюваного стійкого переходу немає потужних додатних відхилень (великих значень площ градусо-днів) і після дати немає потужних від'ємних відхилень (рис. 4а). Функція  $S(j)$  (рис. 4б) має один чітко виражений мінімум, якому і відповідатиме дата стійкого переходу. Така ситуація є досить типовою (згідно проведених досліджень, вона зустрічається у  $\approx 60\%$  від загальної кількості випадків) і в той же час найбільш зрозумілою і простою. В цьому випадку малі відхилення (флуктуації) температури до і після дати обчислюваного стійкого переходу не будуть кардинально впливати на неї.

2) Після дати  $D_1$  обчислюваного стійкого переходу є потужні додатні відхилення температури від порогового значення і дещо менші, але все ж таки достатньо потужні від'ємні відхилення (рис. 4в).

3) До дати  $D_1$  обчислюваного стійкого переходу є потужні додатні відхилення температури від порогового значення і дещо більш потужні від'ємні відхилення (рис. 4д).

Останніх два випадки за своєю суттю не відрізняються. І в одному, і в іншому випадку існують відхилення приблизно однакової потужності але різних знаків. І в одному, і в іншому випадку функція  $S(j)$  має два (чи більше) чітко виражених локальних мінімуми (рис. 4г, 4е). Якщо припустити, що в результаті деяких причин виникнуть малі флуктуації температури, які у випадку (2) підсилять від'ємні відхилення або (і) послаблять додатні; у випадку (3) – навпаки, то будуть можливими **різкі стрибки** дати стійкого переходу від  $D_1$  до  $D_2$  (буде відбуватися різкий перехід від випадку 2) до випадку 3) чи навпаки). Очевидно, що в цій ситуації ні про яку стійкість (у вище запропонованому розумінні) не може йти мова. Тобто, у близько 40% від загальної кількості випадків, обчислювана методом Педя дата переходу не є стійкою.

Цей же механізм (залежність від випадкових флуктуацій) може бути причиною появи **різких просторових** стрибків дат переходу. Тобто, на близьких станціях дати переходу можуть відрізнятися дуже суттєво незважаючи на подібність часового ходу середньої добової температури (рис. 5). Наприклад, така ситуація спостерігається у  $\approx$

15% від загальної кількості років, що розглядалися для станцій Київ і Лубни. Можливість різких просторових стрибків дат переходу в свою чергу означає, що описаний механізм, напевне, є причиною і різкої просторової неоднорідності коефіцієнтів лінійних трендів отримуваних рядів.

На наш погляд є очевидним шлях до розв'язання виявленого проблемного місця: **необхідно зменшити до мінімуму можливість появи випадкових флуктуацій.** Вважаємо, що на сучасній стадії розвитку вітчизняної гідрометслужби це можна зробити тільки на останньому етапі отримання кінцевого результату, а саме, в алгоритмі обчислення дати стійкого переходу, точніше – у вхідних даних.

Зменшення випадковості в даних що опрацьовуються, можна досягнути здійснивши їх деяке попереднє осереднення: наприклад, провівши плинне осереднення з періодом 30 днів.

Очевидно, що згладжений річний хід середньої добової температури дуже слабо залежить від можливих температурних флуктуацій. Тому і дата переходу, що обчислюється на основі згладженого річного ходу, не буде від них залежати. Це означає, що її можна вважати стійкою (у вище запропонованому трактуванні).

Зазначимо, що мова йде про уточнення методу Педя. Тобто, до осередненого річного ходу середньої добової температури в подальшому необхідно використовувати класичний метод Педя, оскільки плинне осереднення з періодом 30 днів не гарантує монотонності температурного ходу на висхідній і низхідній гілках річного циклу.

Очевидно, що у випадку представленому на рис. 4а запропоноване узагальнення методу буде давати практично такі самі результати як і класичний метод Педя. Відмінності будуть стосуватися тільки ситуацій зображених на рис. 4в і 4д. В обох випадках узагальнений метод буде давати дату стійкого переходу, що знаходиться десь посередині між  $D_1$  і  $D_2$ .

Таким чином, крім можливості обґрунтування стійкості отримуваної дати, до переваг узагальненого методу Педя можна віднести і те, що він більш повно враховує «передісторію» і «післяісторію» дати настання стійкого переходу.

Можна ще зазначити, що здійснене узагальнення методу Педя робить його дуже схожим на метод гістограм. Узагальнений метод Педя володіє практично всіма сильними сторонами як класичного методу Педя, так і методу гістограм. Крім того, враховуючи вище викладене тепер можна детальніше роз'яснити і інтуїтивне розуміння стійкості в методі гістограм.

**Висновки.** Проведений критичний аналіз основних методів визначення стійких переходів приземної температури повітря дозволив виявити їх переваги і недоліки. Іншим важливим результатом проведеного аналізу вважаємо встановлення того факту, що в жодному із існуючих методів чітко не роз'яснено в чому полягає стійкість обчислюваної дати переходу. Зауважимо, що поняття стійкості є основним (фундаментальним) поняттям задачі визначення часових границь і тривалості періодів з певною температурою. Тому його роз'яснення є основною проблемою в розглядуваній задачі. Зауважимо також, що відсутність чіткого розуміння стійкості призвела до появи великої кількості методів, які не рідко дають дуже різні результати (якщо дата справді стійка, то напевно логічно припустити, що різні методи повинні давати приблизно однаковий результат!?).

Власне трактування стійкості дати переходу, яке було запропоноване в представленій роботі, на наш погляд вирішує вказану основну проблему задачі. В свою чергу, запропоноване трактування дозволяє здійснити певні уточнення (узагальнення) методу Педя, які зводять до мінімуму вплив мілко масштабних флуктуацій температури (протягом кожного окремого року) на дату стійкого переходу температури через певне фіксоване значення і на тривалість відповідних періодів.

### Список літератури

1. Бабіченко В.М., Ніколаєва Н.В., Рудішина С.Ф. Кліматична характеристика опалювального періоду на території України // Український географічний журнал. – 2007. – №1. – С. 20-27.
2. Дмитренко В.П., Вилькенс А.А. О методике расчета сроков начала посева ранних яровых зерновых культур на Украине // Труды УкрНИГМИ. – 1982. – Вып.130. – С. 15 – 25.
3. 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.
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
5. Прусов В.А., Сніжко С.І. Математичне моделювання атмосферних процесів. Київ, Ніка-центр, 2005. 497 с.
6. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Теория турбулентности. Т. 1. - Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. - 696 с.
7. Педь Д. А. Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // Метеорология и гидрология. – 1951. – №10. – С. 38-39.
8. Козельцева В.Ф., Педь Д.А. Данные о весенних датах перехода температуры воздуха через 0,  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  по станциям западной части территории СССР. – Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1987, 58 с.
9. Sladek I. Urcovani nastupu a ukonceni svorenych teplot vzduchu metodou souctovych rad odchylek // Meteorologichne zpravy, 1989, Vol. 42
10. Мирвис В.М., Гусева И.П., Меццарская 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.
11. 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.
12. Кельчевская Л.С. Методы обработки наблюдений в агроклиматологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 216 с.
13. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 296 с.
14. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: В-во Раєвського, 2003. – 335 с.
15. Наумова Л. П. О датах устойчивого перехода метеорологических величин через разные уровни // Труды ГГО. – 1986., вып. 501. – С.49-53.

**Задача определения даты устойчивого перехода приземной температуры воздуха через некоторое фиксированное значение (анализ методов). Скряник О.А., Сніжко С.І.**

*Проведен критический анализ основных методов, используемых для определения дат устойчивых переходов температуры воздуха через фиксированные (пороговые) значения. Предложены некоторые усовершенствования метода Педя, которые позволяют решить его недостатки.*

**Ключевые слова:** устойчивый переход температуры воздуха, метод Педя, метод гистограмм.

**Determination of a stable transition date of air temperature over a fixed value (analysis of methods). Skrynyk O.A., Snizhko S.I.**

*A critical analysis of methods, which are used for determination of stable transition dates of air temperature over fixed values, is carried out. Some improvements of Ped's method are offered.*

**Keywords:** stable transition of air temperature, Ped's method, method of histograms