

ГЕОГРАФІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЛОБАЛЬНОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.3.4>

УДК 551.501

Митник Т.Г.¹, Манукало В.О.¹, Дубровіна О.В.², Митник О.О.³

¹Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Київ

²Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського ДСНС України, Київ

³Український католицький університет, Львів

ДО ПИТАННЯ УТОЧНЕННЯ КРИТЕРІЇВ ДОСТОВІРНОСТІ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОМУ КОНТРОЛІ ДАНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

В статті розглянуто методичні підходи та послідовність дій із уточнення критеріїв достовірності, які використовують під час автоматизованого просторово-часового контролю даних метеорологічних спостережень станцій, які оформлено у вигляді методичних рекомендацій, розроблених у секторі стандартизації Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України.

Для автоматизації розрахунків із уточнення критеріїв достовірності розроблено комп'ютерну програму «MeteoControl», яка дозволяє формувати базу нев'язок, які отримують під час просторово-часового контролю, та розрахувати необхідні статистичні характеристики, які слугують об'єктивною основою для прийняття рішення щодо доцільності змінення критеріїв достовірності.

Ключові слова: просторово-часовий контроль, контрольована станція, контрольна станція, критерії достовірності, середнє квадратичне відхилення, програма «MeteoControl», рекомендації щодо змінення критерію достовірності.

Актуальність теми. З метою забезпечення достовірності даних про стан приземного шару атмосфери, результати метеорологічних спостережень, які провадять на мережі гідрометеорологічної служби, підлягають регулярному багаторівневому технічному та критичному контролю. Достовірність даних метеорологічних спостережень залежить від помилок, накопичених під час інструментальних вимірювань метеорологічних змінних, їх збирання й оброблення. Для кожного з цих етапів властиві специфічні помилки, обумовлені, в першу чергу, методиками та технологіями вимірювання, збирання та опрацювання даних спостережень.

Всю сукупність помилок у результатах метеорологічних вимірювань, за характером їх прояву, поділяють на дві групи:

1) випадкові помилки, які пов'язані з миттєвими пульсаціями вимірюваних величин та їх викривленням під час збирання та опрацювання;

2) систематичні помилки, які залежать від недоліків у конструкції приладу, його технічного стану, а також помилок, зумовлених порушенням методики вимірювання і впливом місцевих особливостей на значення вимірюваної метеорологічної величини (характеристики).

Залежно від технічного стану приладу, його точності, умов зовнішнього середовища та кваліфікації спостерігача значення випадкових помилок буде змінюватися під час вимірювання, але заздалегідь невідомо, коли з'явиться помилка і яких значень вона може сягнути. Поява випадкових помилок можлива на всіх етапах вимірювань та опрацювання їх результатів. Окремі грубі помилки можна виявити ще в пункті спостережень, але вилучати з ряду спостережень можна тільки дуже грубу помилку, як правило, вона обумовлена прорахунком метеоролога - спостережника.

Систематичні помилки суттєво позначаються на осереднених за певний проміжок часу (декаду, місяць, рік) метеорологічних даних; у той час як випадкові помилки можуть

залишитись непоміченими під час порівнювання даних по групі станцій.

Осереднення в часі значень метеорологічної величини, які містять систематичні помилки, не знижує їх вплив на результати спостережень. На відміну від випадкових помилок, які при повторних спостереженнях набувають незалежних додатних чи від'ємних значень, систематичні помилки зберігають свій знак. Це призводить до того, що систематичні помилки входять до отриманих осереднених даних. Навіть незначні систематичні помилки істотніше знижують якість узагальнених даних спостереження, ніж значніші за модулем випадкові помилки.

Потрібно пам'ятати, що близькі за величиною і одного знаку систематичні помилки можуть бути зумовлені різними причинами, зокрема: не репрезентативним розташуванням станції; неправильним встановленням приладів; несправністю приладу або порушенням його градування; не дотриманням вимог з експлуатації засобів вимірювальної техніки; а також помилками, допущеними спостерігачами під час спостережень. Систематичні помилки проявляють себе за будь-яких погодних умов, що й дозволяє відрізнити їх від помилок, зумовлених аномальними природними процесами.

Числові значення систематичних помилок, зумовлених впливом мікрокліматичних особливостей станцій, результати спостереження яких порівнюють, визначити складно. Щоб виключити вплив мікрокліматичних особливостей розташування станцій під час розрахунків, використовують не безпосередні значення метеорологічних величин, а їхні відхилення від кліматичної норми.

Щоб відокремити помилки вимірювання від прояву особливостей погодних процесів, усі дані спостережень, що надходять з метеорологічних станцій, підлягають регулярному критичному контролю, під час якого встановлюють їх достовірність, тобто придатність для подальшого використання. Розрізняють два основні види критичного контролю: внутрішньостанційний і просторово-часовий.

В основі *внутрішньостанційного контролю* лежить аналіз значень взаємопов'язаних метеорологічних величин однієї станції. Для цього розроблено спеціальні автоматизовані програми, які впроваджено в гідрометеорологічних організаціях, що виконують функції методичних центрів з метеорологічних спостережень і робіт, а також на метеорологічних станціях, де ці програми є складовою частиною автоматизованого робочого місця (АРМ) метеоролога-спостерігача.

Наступний етап, що полягає у порівнянні осереднених за певний проміжок часу (декаду, місяць) значень просторових полів метеорологічних величин навколо станції, дані якої перевіряють (далі — контрольованої), називають *просторово-часовим (міжстанційним) контролем* (далі — просторовим контролем). Алгоритми цього контролю враховують просторовий розподіл метеорологічних величин, характер їхньої мінливості в часі, а також характер самих помилок. Просторовий контроль дозволяє виявити систематичні помилки.

Точність просторового контролю залежить від точності апроксимації поля контрольованої метеорологічної величини (характеристики) і від того, наскільки, правильно вибрано критерій достовірності, але помітно обмежена впливом неоднорідності підстильної поверхні на точність розрахунку поля.

Найбільш складним у просторовому контролі метеорологічної інформації є врахування впливу місцевих факторів формування метеорологічного режиму на результати інтерполяції метеорологічних величин. Локальні викривлення поля метеорологічної величини під дією місцевих факторів вдається частково усунути, якщо порівнювати не самі значення метеорологічних величин, а їхні відхилення від кліматичної норми.

Методичні засади просторового контролю та математичний опис просторового розподілу метеорологічної величини і розрахунку нев'язок наведено в нормативному документі «Просторово-часовий контроль даних метеорологічних спостережень станцій. Методичні рекомендації» [1].

В основу автоматизованого просторового контролю місячних даних метеорологічних спостережень станцій покладено аналіз узгодженості результатів спостережень групи станцій. Можливість співставлення результатів спостережень метеорологічних станцій з метою установлення їх достовірності забезпечується тим, що атмосферні процеси, які

розвиваються на достатньо великих територіях, неперервні в часі та просторі; вони практично не залежать від способу отримання даних.

Відповідно до цієї методики для кожної контрольованої станції визначають 4-6 сусідніх (контрольних) станцій, розташованих навколо неї в схожих природних умовах. За даними цих станцій розраховують просторовий розподіл контрольованої величини як функцію прямокутних декартових координат x , y на площині $U = f(x, y)$, за якою обчислюють значення $U_0 = f(x_0, y_0)$ на контрольованій станції.

Різниця між значенням, розрахованим для контрольованої станції U_0 і вимірним на станції F_0 називається *нев'язкою*; вона є показником відповідності спостереженого значення величини її природному розподілу:

$$\Delta = U_0 - F_0 \quad (1)$$

Якщо *нев'язка* за абсолютним значенням не перевищує деякого встановленого граничного значення, яке називають «критерієм достовірності», то результат вимірювання признають достовірним. Дані, для яких *нев'язка* перевищує чинний критерій достовірності, додатково аналізують, щоб з'ясувати причини невідповідності вимірюваного значення просторовому розподілу контрольованої величини.

Первинні критерії достовірності були запропоновані розробниками програми автоматизованого просторового контролю на початку 90-х років і вони підлягають періодичному уточненню. Критерії достовірності, з деякими внесеними змінами, наведені в нормативному документі «Просторово-часовий контроль даних метеорологічних спостережень станцій. Методичні рекомендації» [1]

Оскільки в документі [1] надані лише загальні підходи до зміни критеріїв достовірності, виникла необхідність підготувати конкретні рекомендації щодо методу уточнення критеріїв достовірності для невідповідностей основних метеорологічних величин (характеристик), які мають фіксовані значення критеріїв достовірності.

Аналіз виконаних робіт. Питання проведення автоматизованого просторового контролю даних метеорологічних спостережень висвітлено в нормативних документах [1,3]. Цю роботу виконують в Українському гідрометеорологічному центрі Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – УкрГМЦ) з використанням відповідного програмного забезпечення. Перевіряють середньомісячні значення: температури повітря; кількості днів з морозом та днів без відлиги; температури поверхні ґрунту/снігу, а також температури ґрунту на глибинах; температури точки роси; відносної вологості та кількості днів з відносною вологістю $\leq 30\%$; парціального тиску водяної пари; дефіциту насичення водяної пари; швидкості і напрямку вітру; повторюваності форм хмар; загальної кількості хмар та кількості хмар нижнього ярусу; кількості ясних і похмурих днів для загальної та нижньої хмарності; місячної суми опадів; висоти снігового покриву за даними снігозйомок на польовому і лісовому маршрутах та запасу води в сніговому покриві; атмосферного тиску; кількості днів з атмосферними явищами; кількості випадків метеорологічної дальності видимості за градаціями.

За результатами контролю даних спостережень всієї мережі метеорологічних станцій отримують у табличній формі невідповідності для зазначених метеорологічних величин (характеристик). Спеціалісти методичних центрів виявляють невідповідності, значення яких перевищують критерії достовірності, і встановлюють можливі причини їх появи. Детальний опис таблиць невідповідностей та порядок їх аналізування наведені в роботі [1].

Аналіз таблиць невідповідностей – тривала і рутинна робота, яка потребує багато часу. Особливо це стосується процесу аналізування змінювання невідповідностей в часі, коли база невідповідностей не сформована. Це зумовило актуальність проведення дослідження з удосконалення способу автоматизованого просторового контролю даних метеорологічних спостережень, а отримані результати представити у вигляді нормативного документа, який впровадити в діяльність гідрометеорологічних організацій ДСНС України. Такі дослідження було виконано в Українському гідрометеорологічному інституті ДСНС України та НАН України протягом 2021-2023 рр.

Метою публікації є представлення науково-методичних засад удосконалення автоматизованого просторового контролю даних спостережень станцій та основних положень нормативного документа «Уточнення критеріїв достовірності, які використовують під час автоматизованого просторово-часового контролю даних метеорологічних спостережень станцій. Методичні рекомендації», а також комп'ютерної програми «MeteoControl», яка формує базу нев'язок та розраховує статистичні характеристики, потрібні для аналізування масиву нев'язок і прийняття рішення щодо доцільності змінення критеріїв достовірності.

Матеріали, використані в дослідженні. В дослідженні використано результати просторового контролю даних метеорологічних спостережень мережі гідрометеорологічної служби України за період 2015-2022 рр.

Викладення основного матеріалу. Нормативний документ «Уточнення критеріїв достовірності, які використовують під час автоматизованого просторово-часового контролю даних метеорологічних спостережень станцій. Методичні рекомендації» призначений для використання спеціалістами методичних центрів з метеорологічного напрямку спостережень і робіт, що здійснюють критичний контроль матеріалів метеорологічних спостережень станцій.

На практиці використовують кілька способів уточнення статистичних критеріїв. Найпростішим є емпіричний підбір значення критерію (зменшення або збільшення чинного критерію), при якому кількість «неправдивих» помилок буде мінімальною. Центральна геофізична обсерваторія ім. Б.Срезневського, використовуючи цей метод, у 2017 р. внесла зміни до критеріїв достовірності окремих метеорологічних величин (табл. 1).

Таблиця 1. Критерії достовірності окремих метеорологічних величин змінені у 2017 р.

Метеорологічна величина	Критерії достовірності	
	було	стало
Температура поверхні ґрунту, °С	1,0	1,5
Відносна вологість, %	3,0	3,3
Кількість хмар нижнього ярусу, бали	1,5	1,0
Температура ґрунту на глибинах, °С	0,2	0,4
Кількість ясних днів за загальною хмарністю	3	3*
Кількість ясних днів за нижньою хмарністю	4	4*
Кількість похмурих днів за загальною та нижньою хмарністю	4	4*

Примітка: * або подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки σ , якщо кількість днів менша за значення критерію

Більш точним є спосіб розрахування критерію достовірності на основі фактичних нев'язок інтерполяції за період спостережень, який становить не менше ніж 5 років. Чим більший масив вибірок, тим стійкішим буде значення розрахованого критерію. З вибірки заздалегідь потрібно вилучити нев'язки, які обумовлені недостовірними даними.

Щоб знайти критерій достовірності для певної метеорологічної величини (характеристики) цим методом потрібно обчислити середнє квадратичне відхилення (в методичних рекомендаціях – середня квадратична нев'язка) σ для сформованої вибірки нев'язок за формулою:

$$\delta_{\Delta_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \Delta_i\right)^2}{n}}{n-1}}, \quad (2)$$

де Δ_i – значення нев'язки; n – кількість нев'язок, включених у розрахунок.

Статистичний розподіл нев'язок інтерполяції метеорологічних величин для достовірної інформації близький до нормального закону, тому ймовірність того, що значення нев'язок інтерполяцій достовірних даних буде в межах середньої квадратичної нев'язки (σ) складає 68 %, у межах 2σ – 95 %, а в межах 3σ – 99,7 % від усіх значень.

Щоб виявити недостовірні результати спостережень, доцільно взяти величину 2σ за гранично допустиме значення нев'язки для більшості метеорологічних величин. У цьому випадку ймовірність перевищення гранично допустимої нев'язки достовірними даними становитиме не більше ніж 5 %. Відповідно з ймовірністю 95 % нев'язка, що перевищила гранично допустиме значення, буде свідчити про помилковість контрольованого значення.

Автоматизована програма розрахунку критеріїв відповідності «Meteo Control». У рамках підготовки Методичних рекомендацій було розроблено автоматизовану програму розрахунку критеріїв відповідності «MeteoControl». Опис Програми та практичні рекомендації щодо роботи з нею наведено у додатку А до Методичних рекомендацій.

База нев'язок, яку створює програма, дає можливість аналізувати дані спостережень, порівнювати нев'язки контрольованої станції з нев'язками інших станцій, у першу чергу, контрольних чи розташованих у подібних фізико-географічних умовах. База нев'язок метеорологічної величини (характеристики) за тривалий період також дає можливість проаналізувати змінювання нев'язок у часі (збільшення чи зменшення за абсолютною величиною від місяця до місяця, змінення знаку нев'язки, сезонні особливості змінювання тощо). Це, в свою чергу, дає можливість виявити помилки в спостереженнях та своєчасно виправити їх.

Базу нев'язок регулярно поповнюють нев'язками за останній місяць. Щоб зручно було працювати з базою даних, доцільно тримати файли з нев'язками в одній папці. Усі нев'язки, значення яких перевищують критерій достовірності, програма автоматично виділяє червоним кольором напівжирним шрифтом. Нев'язки, значення яких перевищують критерій достовірності вдвічі й більше, також будуть виділені червоним кольором напівжирним шрифтом, але на синьому фоні.

Користувач, який працюватиме з програмою, має можливість вносити зміни до бази даних, зокрема доповнювати чи видаляти нев'язки вручну, наприклад виділяючи певним кольором нев'язки сумнівних значень чи нев'язки забракованих даних.

Для зручності нев'язки вносять до бази даних у форматі, що відповідає формату таблиць нев'язок, які отримують за результатами автоматизованого просторового контролю [1].

Вигляд однієї із сторінок програми наведено на рис. 1.

Ліворуч наведено перелік усіх метеорологічних станцій, які включені до щомісячників та щорічників, і дані яких щомісячно перевіряють за допомогою програми просторового контролю. У центрі сторінки – таблиця нев'язок, з якою працюють. Праворуч наведено функції, які виконує програма, а зверху правої колонки - опції: «Поповнення бази даних» та «Експортувати таблицю».

Іноді під час аналізування нев'язок чи уточнення критеріїв достовірності виникає необхідність сформувати нові таблиці. Але формат бази даних не дозволяє працювати з таблицями довільної форми, тому Програма передбачає перенесення таблиці, з якою потрібно працювати, до програми *Excel* натисненням опції «Експортувати таблицю». За необхідності файл перейменовують і запам'ятовують.

Щоб змінити критерій достовірності для окремої метеорологічної величини (характеристики) треба продивитись ранжовані ряди подвоєних значень середніх квадратичних нев'язок цієї змінної від найменшого до найбільшого значення, що дає можливість установити кількість та назви станцій, подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки (подвоєне значення сигми) яких буде менше / більше за чинний критерій достовірності й за подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки, розрахованої для всієї мережі станцій. Для цього також можна використати програму *Excel*.

Якщо потрібно вручну змінити дані, позначити чи вилучити нев'язку, використовують опції: «Позначити як сумнівне», «Позначити як забраковане», «Позначити як правильне». При цьому позначка буде відноситися не безпосередньо до нев'язки, а до значення метеорологічної величини (характеристики), для якої розрахована ця нев'язка. Нев'язки, позначені як забраковані, під час розраховування статистичних характеристик та інших показників не використовують. Нев'язки, визнані сумнівними, враховують під час обчислювання.

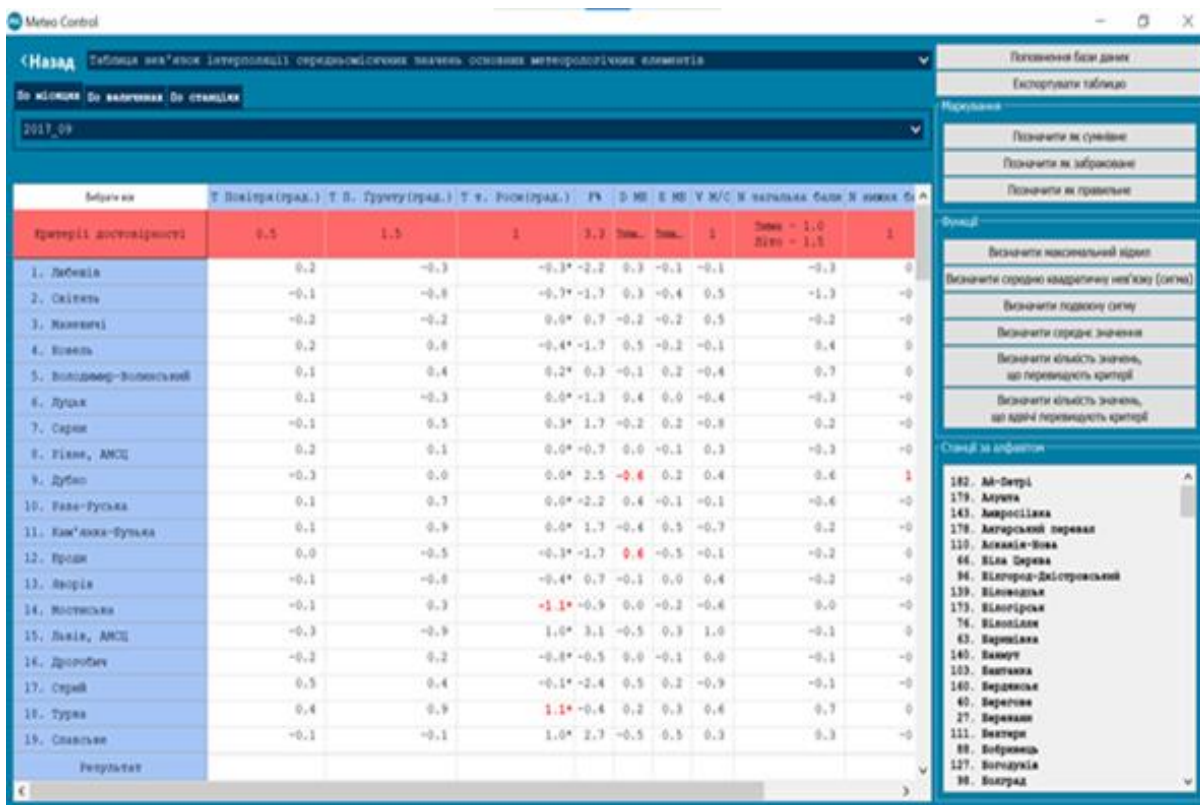


Рис. 1. Вигляд однієї зі сторінок програми «Meteo Control»

Перегляд нев'язок починають з вибору таблиці нев'язок, де зазначено нев'язки метеорологічної величини (характеристики), яку перевіряють. Для цього у віконці «Виберіть таблицю» вибирають потрібну таблицю і, залежно від потреби, натискають одну з трьох опцій: «По місяцях», «По величинах», «По станціях». За необхідності побачити таблицю нев'язок, аналогічну отриманій за результатами просторового контролю, треба натиснути опцію «По місяцях» і вибрати один з потрібних місяців (від січня 2015 р. до останнього місяця з внесеними даними). У першому стовпчику вибраної таблиці будуть назви всіх метеорологічних станцій у порядку, наведеному в метеорологічних щомісячниках, а у верхньому рядку — назви метеорологічних величин (характеристик) чи їхні умовні позначки.

Якщо натиснути опцію «По величинах» і вибрати метеорологічну величину, у першій колонці таблиці будуть назви всіх метеорологічних станцій, а в першому верхньому рядку – всі місяці від січня 2015 р. до останнього місяця з внесеними даними. За необхідності розглянути нев'язки конкретної станції треба натиснути опцію «По станціях» і вибрати потрібну станцію. У цьому випадку в першій колонці таблиці будуть усі місяці підряд, дані яких є в базі даних, а в першому верхньому рядку — метеорологічні величини (характеристики) або позначки, що їм відповідають.

Для зручності в роботі на цій самій сторінці є вікно з алфавітним переліком станцій із зазначенням їхніх номерів у щорічнику. Передбачено також функцію змінення користувачем номера станції. За необхідності ознайомитися з основними можливостями програми треба натиснути пункт головного меню «Про програму». Якщо виникають проблеми в роботі програми слід натиснути опцію «Допомога». Рішення щодо доцільності змінення критерія достовірності для певної метеорологічної величини приймають після ретельного аналізу результатів обчислення подвоєного значення середньої квадратичної нев'язки. Подвоєну величину σ розраховують як для нев'язок за даними всіх станцій, так і за нев'язками однієї станції або групи станцій, які відрізняються від решти своїм особливим місцем розташування, наприклад, морські або гірські станції.

Питання про змінення критерію достовірності для нев'язок певної метеорологічної змінної для всіх станцій потрібно розглядати, коли більшість станцій мають нев'язки, які тривалий час перевищують критерій достовірності, але під час додаткового контролю дані

цієї метеорологічної величини (характеристики) признають достовірними. У нормативному документі, який розроблено, розраховані подвоєні значення середньої квадратичної нев'язки σ для метеорологічних величин і характеристик, для яких критерії достовірності мають фіксовані значення.

При цьому були використані нев'язки за період 2015–2022 рр. Результати наведені у табл. 2 і 3.

Таблиця 2. Чинні критерії достовірності основних метеорологічних величин і подвоєні значення середньої квадратичної нев'язки σ

Метеорологічна величина	Чинний критерій достовірності	Подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки
Температура повітря, °С	0,5	0,5
Температура поверхні ґрунту, °С	1,5	1,4
Відносна вологість, %	3,3	3,9
Парціальний тиск водяної пари (E), гПа:		
$0 < E < 3$	0,3	0,3*
$3 < E < 10$	0,6	0,5
$E > 10$	1,0	0,9
Дефіцит насичення, гПа:		
– зима;	0,3	0,4
– літо	0,5	1,1
Швидкість вітру, м·с ⁻¹	1,0	1,0
Загальна хмарність, бали:		
– зима;	1,0	0,7
– літо	1,5	0,9
Нижня хмарність, бали	1,0	1,3

Примітка: * менше ніж 30 випадків

Таблиця 3. Чинні критерії достовірності окремих метеорологічних характеристик і подвоєні значення середньої квадратичної нев'язки

Метеорологічна характеристика	Чинний критерій достовірності	Подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки
Різниця середньомісячного максимального значення температури повітря і максимального із середніх місячних значень за вісім строків, °С	0,5	0,6
Різниця середньомісячного мінімального значення температури повітря і мінімального із середніх місячних значень за вісім строків, °С	0,5	0,5
Різниця середньомісячного максимального і мінімального значень температури повітря, °С	1,0	2,3
Різниця середньомісячного максимального значення температури поверхні ґрунту і максимального із середньомісячних значень за вісім строків, С	1,0	2,2
Різниця середньомісячного мінімального значення температури поверхні ґрунту і мінімального із середніх місячних значень за вісім строків, °С	1,0	1,2
Різниця середньомісячного максимального і мінімального значень температури поверхні ґрунту, °С	1,0	4,4
Різниця максимальної за місяць і середнього місячного значення швидкості вітру, м·с ⁻¹	1,0	4,7
Відношення кількості хмар нижнього ярусу до загальної хмарності	0,15	0,2
Кількість ясних днів за загальною хмарністю	3	2,9
Кількість похмурих днів за загальною хмарністю	4*	4,5
Кількість ясних днів за нижньою хмарністю	4*	4,8
Кількість похмурих днів за нижньою хмарністю	4*	4,3

Для більшості метеорологічних величин, зазначених у табл. 2, подвоєні значення середньої квадратичної нев'язки мало відрізняються від чинних критеріїв достовірності, отже критерії для них змінювати не потрібно. Проте, критерії достовірності для таких метеорологічних величин як відносна вологість, загальна кількість хмар (зима, літо) та кількість хмар нижнього ярусу, а також дефіцит насичення в теплий період потребують додаткового аналізу і уточнення.

Для більшості метеорологічних характеристик, зазначених у таблиці 3, подвоєні значення середньої квадратичної нев'язки близькі до чинних критеріїв достовірності, тому критерії достовірності таких характеристик не потребують змінення. Винятком є критерії достовірності таких характеристик:

- різниця середньомісячного максимального і мінімального значень температури повітря;
- різниця середньомісячного максимального значення температури поверхні ґрунту і максимального із середньомісячних значень за вісім строків;
- різниця середньомісячного максимального і мінімального значень температури поверхні ґрунту;
- різниця максимальної за місяць і середнього місячного значення швидкості вітру.

У зазначених випадках чинний критерій достовірності й розраховане подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки потребують додаткового аналізу.

Висновки. Розроблений нормативний документ надає такі рекомендації щодо уточнення критеріїв достовірності даних метеорологічних спостережень, які виконують гідрометеорологічні організації ДСНС України:

1. Уточнення критеріїв достовірності для основних метеорологічних величин і їх характеристик, які визначають на мережі гідрометеорологічних станцій, доцільно провадити не рідше ніж один раз на 5 років.

Однак, якщо нев'язки для однієї або кількох метеорологічних величин чи характеристик на значній кількості станцій протягом тривалого часу перевищують критерій достовірності, але під час додаткового контролю значення цих метеорологічних змінних визнано достовірними, уточнювати критерії достовірності можна й частіше.

2. Перед проведенням робіт щодо уточнення критеріїв достовірності треба попередньо оцінити наскільки чинні критерії достовірності виявляють сумнівні і недостовірні дані, а також встановити, скільки станцій і як часто (у відсотках) за останні роки мають нев'язки, що перевищують чинний критерій достовірності.

Змінення критерію достовірності для нев'язок певної метеорологічної величини чи характеристики для всієї мережі станцій треба розглядати, коли значна частина станцій у більшості випадків (місяців) протягом останніх років має нев'язки, що перевищують критерій достовірності. Якщо кількість станцій і кількість місяців відповідають цим критеріям, критерії достовірності продовжують аналізувати.

Наступним кроком є аналіз випадків, коли нев'язки, що перевищили чинні критерії достовірності, не підтвердилися під час додаткового контролю і дані спостережень визнано достовірними. Якщо таких випадків менше половини, змінювати критерій достовірності не доцільно.

3. Перш ніж прийняти рішення щодо змінення критерію достовірності для всіх станцій доцільно в'яснити, як у зв'язку з уведенням нового критерію достовірності зміниться кількість станцій, що потребуватимуть додаткового аналізу чи навпаки — дані яких вважатимуть достовірними за сумнівних чи помилкових значень.

Для цього рекомендовано скласти ранжований ряд подвоєних значень середньої квадратичної нев'язки для певної метеорологічної змінної й проаналізувати, які станції матимуть подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки менше/більше за чинний критерій достовірності й за розраховане подвоєне значення середньої квадратичної нев'язки для усього масиву станцій.

4. Під час уточнення критерію достовірності треба встановити станції, що мають великі подвоєні значення середньої квадратичної нев'язки, з'ясувати причини їх появи, перевірити, чи мають ці станції також великі подвоєні значення середньої квадратичної нев'язки і для інших метеорологічних змінних. Також треба проаналізувати перелік

контрольних станцій для них, за потреби замінити окремі контрольні станції для всіх метеорологічних величин (характеристик) чи для окремої метеорологічної величини.

5. Встановлено, що критерії достовірності для таких метеорологічних величин і характеристик: як відносна вологість повітря; загальна кількість хмар (зима, літо); кількість хмар нижнього ярусу; дефіцит насичення в теплий період; різниця середньомісячного максимального і мінімального значень температури повітря; різниця середньомісячного максимального значення температури поверхні ґрунту і максимального із середньомісячних значень за вісім строків; різниця середньомісячного максимального і мінімального значень температури поверхні ґрунту; різниця максимальної за місяць і середнього місячного значення швидкості вітру потребують додаткового аналізу з метою визначення необхідності зміни критерію достовірності.

Список літератури

1 Просторово-часовий контроль даних метеорологічних спостережень станцій. Методичні рекомендації/ УкрГМІ; ЦГО. К.: УкрГМЦ, 2021. 233 с.

2 Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина 1. Метеорологічні спостереження на станціях / Державна гідрометеорологічна служба. К.: Ніка-Центр, 2011. 279 с.

3 Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Опрацьовування матеріалів метеорологічних спостережень. К.: ФОП Сахнович Н.В., 2018, 94 с.

4 Методичні вказівки з автоматизованої обробки і контролю даних гідрометеорологічних спостережень. Випуск 3. Метеорологічна інформація гідрометеорологічних станцій і постів. Частина I: Метеорологічна інформація станцій / ЦГО. К.: УкрГМЦ, 2013. 46 с.

References

1 Prostorovo-chasovyi control danykh meteorologischnykh sposterezh stantsii. Metodychni rekomendatsii [Spatio-temporal control of data of meteorological observations of stations. Methodological recommendations] K. UkrGMTs: , 2021. 233 s.

2 Nastanova gidrometeorologischnym stantsiam i postam. Vypusk3. Chastyna I. Meteorologischni sposterezhennia na stantsiiakh/ Derzhivna gidrometeorologischna slyzhba. [Instructions to hydrometeorological stations and posts. Issue 3. Part 1. Meteorological observations at stations] K.: Nika-Tsentr, 2011. 279 s.

3. Nastanova gidrometeorologischnym stantsiam i postam. Opratsovuвання materialiv meteorologischnykh sposterezhzen.[Instructions to hydrometeorological stations and posts. Processing of materials of meteorological observations] K.:FOP Sahnovych N.V., 2018. 94 s.

4 Metodychni vказivky z avtomatyzovanoi obrobky i kontroliu danykh gidrometeorologischnykh sposterezhzen. Vypusk 3. Meteorologischna informatsia gidrometeorologischnykh stantsii i postiv. Chastyna I/ Meteorologischna informatsiia stantsii [Methodical guidelines for automated processing and control of hydrometeorological observation data. Issue 3. Meteorological information of hydrometeorological stations and posts. Part I: Meteorological information of stations] K., UkrGMTs, 2013. 46 s.

On the issue of specifying reliability criteria used in automated space-time control of meteorological observation data

Mytnyk T.H., Manukalo V.O., Dubrovina O.V., Mytnyk O.O.

In order to ensure a reliability of data on a state of surface layer of atmosphere, data of meteorological observations conducted on the network of the Hydrometeorological Service of Ukraine are subject to regular multi-level technical and critical control. The entire set of errors in data of meteorological measurements, according to a nature of their manifestation, are divided into two groups: 1) random errors associated with instantaneous pulsations of measured meteorological valuables and their distortion during their further collection and processing; 2) systematic errors, which depend on defect in a devices design, their technical condition, as well as errors caused by violation of measurement technique and an influence of local features on measured meteorological valuables. In order to separate measurement errors from the manifestation of natural features of weather processes, all observational data coming from meteorological stations are subject to regular critical control, during which their reliability, that is, suitability for further use, is established. There are two main types of critical control of measurement data – intra-station and spatio-temporal. The basis of intra-station control is an analysis of values of interrelated meteorological values measured on one station. This is done at hydrometeorological stations with a help of special computer programs. Spatial-temporal control consists in comparing averaged over a certain period of time (decade, month) values of spatial fields of meteorological variables around a station, the data of which is checked/controlled. Local distortions of the field of meteorological values under an influence of local natural factors can be partially eliminated if we compare not values of meteorological values themselves, but their deviations from a climatic norm. Carrying out manual spatio-temporal control is a long and routine work, especially when it comes to analyzing a change in time of data observational inconsistencies. This made it necessary to conduct a study on improving the method of automated

spatio-temporal data control of meteorological observations, and to present obtained results in a form of a normative document to be implemented in the activity of hydrometeorological organizations of the State Emergency Service of Ukraine. Such research was carried out at the Ukrainian Hydrometeorological Institute for 2020-2022.

The purpose of the publication is to present scientific and methodological foundations of development and main provisions of the normative document "Clarification of reliability criteria used during automated spatio-temporal control of data from meteorological observations of stations. Methodical recommendations", as well as the computer program "MeteoControl", which forms a database of non-connections and calculates statistical characteristics, are needed for analyzing the array of non-connections and making a decision on the feasibility of changing the reliability criteria.

The developed regulatory document provides a number of recommendations for specifying reliability criteria of meteorological observation data, in particular: 1) specification of a reliability criteria for all meteorological variables that are determined on a network of stations should be carried out at least once every 5 years; 2) before clarifying reliability criteria, it is necessary to assess an extent to which a current reliability criteria reveal a data, as well as to establish how many stations and how often in recent years have discrepancies that exceed a current reliability criterion; 3) before making a decision to change a reliability criterion for all stations, it is advisable to find out how, in connection with an introduction of new reliability criterion, a number of stations that will require additional analysis will change, or vice versa - whose data will be considered reliable despite to their dubious or erroneous values.

Key words: space-time control, controlled station, control station, reliability criteria, mean square deviation, "MeteoControl" program, recommendations

Надійшла до редколегії 18.08.2023

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.3.5>

УДК 551.574.42

Пясецька С.І.

Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського, м. Київ

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВЕ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВИПАДКІВ МАСОВОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ОЖЕЛЕДО-ПАМОРОЗЕВИХ ВІДКЛАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПРОТЯГОМ 1991-2020 рр.

Стаття присвячена дослідженню особливостей просторово-часового розповсюдження випадків масового відкладення складних ожеледо-паморозевих відкладів на території України протягом періоду 1991-2020 рр.

За випадок масового відкладення складних відкладів було прийнято випадок, коли в одну дату такі відклади спостерігались не менше ніж на 10 станціях та не менше ніж у двох областях. Дослідження проводилось по кожному місяцю холодного та окремих місяцях перехідних сезонів, а також десятиріччях досліджуваного періоду окремо.

Метою дослідження було встановити просторово-часові особливості масового розповсюдження випадків складних ожеледо-паморозевих відкладів на території України та виділити території, які знаходяться під їх впливом. Доведено, що випадки масового розповсюдження складних ожеледо-паморозевих відкладів спостерігаються протягом зимових місяців у січні та грудні. Дослідженням встановлено, що територіально здебільшого випадки масового розповсюдження складних ожеледо-паморозевих відкладів спостерігаються на території центральних, північно-східних та південних областей. Найбільші з досліджуваних випадків масового розповсюдження складних ожеледо-паморозевих відкладів спостерігались по 1 випадку протягом 1991-2000 та 2011-2020 рр. та 2 у 2001-2010 рр. У випадках масового розповсюдження складних ожеледо-паморозевих відкладів протягом досліджуваного періоду в областях спостерігалось на 1 станції, яка спостерігала такі відклади, але в низці областей таких станцій могло бути більше.

Ключові слова: територія України, складні ожеледо-паморозеві відклади, масове просторово-часове розповсюдження складних ожеледо-паморозевих відкладів.

Вступ. Як вже було зазначено у попередній статті, яка присвячена випадкам масового розповсюдження складних відкладів на території України протягом останніх 30-и років (1991-2020 рр.), ожеледо-паморозеві відклади є дуже поширеним явищем у місяцях холодного періоду року. Найчастіше більш поширеними з них є відклади ожеледі, налипання мокрого снігу та різні види паморозі (зерниста та кристалічна, або почергове поєднання них обох, в залежності від термічних умов, стану вологості або випадання опадів). Складні відклади представляють собою дещо інший вид ожеледо-паморозевих