

## Алгоритм опрацювання тижневих бланків термографа М-16АН Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару, як резервного джерела даних щодо температури повітря

*Богдан Яворський*<sup>1,2</sup>

к. геогр. н., доцент кафедри геоecології і фізичної географії  
<sup>1</sup> Львівського національного університету імені Івана Франка,

вул. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна,  
науковий керівник <sup>2</sup> Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару,  
вул. Нова, 7, смт. Брюховичі, 79491, Україна;

e-mail: [yavorskyy\\_bogdan@yahoo.com](mailto:yavorskyy_bogdan@yahoo.com),  <https://orcid.org/0000-0001-8552-8418>;

*Вікторія Чепурко*<sup>2</sup>

лаборант,

e-mail: [vicachepurko@gmail.com](mailto:vicachepurko@gmail.com),  <https://orcid.org/0009-0006-7944-0472>

Зроблено спробу застосувати записи термографа М-16АН із тижневим періодом обертання барабана для заповнення пропусків у базі даних щодо температури повітря на Розтоцькому ландшафтно-геофізичному стаціонарі (РЛГС) у смт. Брюховичі, Львів. Виявлено, що деякі з даних, зафіксованих як показники сухого психрометричного термометра у червні 1991 року, насправді є величинами температури повітря, зчитаними із тижневих стрічок термографа, проте у які не внесено коректуючі поправки, через що значення температури повітря може відрізнятись на цілий градус і більше. Порівняно з існуючими просторовими і часовими методиками відновлення пропусків у часових рядах метеорологічних показників, які дають змогу отримати відновлені значення температури повітря для шуканого строку спостережень з точністю близько 1,0°C чи з дещо меншою, нами отримано відновлені дані щодо температури повітря з точністю близько 0,8°C. При обробці тижневих бланків термографа для обчислення поправки на температуру найкраще обирати доби із дощовою і/або похмурою погодою, коли зміна температури у часі нешвидка. При опрацюванні стрічок термографа із тижневим періодом обертання барабана необхідно виявити реперні точки фіксації часу, до яких необхідно долучати й моменти закладання й зняття стрічки з барабану спостерігачем. Вони дозволяють виявити зміщення "вліво" чи "вправо" точок на кривій, що відповідають значенням температури саме у строк спостережень, із подальшим обчисленням поправки до температури, що компенсує пришвидшене чи сповільнене обертання барабана. Лише після цього виникає можливість встановити значення температури повітря у нічні години, зафіксованих термографом, що й було метою даного дослідження. Для коректування положення у часі точок на температурній кривій, що відповідають строкам вимірювання, найдоцільніше обирати точки початку і кінця запису температурної кривої, а також вертикальні риси, прорисовані пером термографа за участю спостерігача. Можливо, запропонований алгоритм буде корисним і при усуненні пробілів у даних щодо температури на інших пунктах спостережень, де термограф слугував резервним приладом фіксації температури повітря. Проведене дослідження додає нових штрихів до історії роботи РЛГС.

**Ключові слова:** температура повітря, термограф, тижневий бланк, сухий психрометричний термометр, поправка, база даних.

**Як цитувати:** Яворський Богдан. Алгоритм опрацювання тижневих бланків термографа М-16АН Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару, як резервного джерела даних щодо температури повітря / Богдан Яворський, Вікторія Чепурко // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2023. – Вип. 58. – С. 290-301. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-22>

**In cites:** Yavorskyy Bohdan, Chepurko Viktorija (2023). Processing algorithm of weekly records of the Roztochia landscape-geophysical station thermograph M-16AN as a response source of air temperature data. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (58), 290-301. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-22> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Розтоцький ландшафтно-геофізичний стаціонар (РЛГС) Львівського національного університету імені Івана Франка розташований у північно-західній частині міста Львова, у смт. Брюховичі. Тут вже більше, ніж пів сторіччя ведуть метеорологічні та інші спостереження [3, 5, 6, 8, 19], за результатами яких зібрана цифрова база даних. У ході її опрацювання виявлено недостачу частини метеоданих за 1990–1991 роки. Відсутність достовірних температурних даних за кожен строк спостережень протягом доби унеможлиблює обчислення середньодобових, а далі середньодекадних, середньомісячних і серед-

ньорічних значень температури повітря – базової метеорологічної величини. У свою чергу, брак усереднених даних за 1990–1991 роки не дає змоги опрацювати весь п'ятдесятирічний ряд безперервних спостережень, виявити ритміку, тренди і метеорологічну норму температури повітря на РЛГС.

Вимірювання і запис метеорологічних величин (в тому числі, температури повітря) і явищ не було здійснено у кожен строк спостережень, яких в той час було 4 на добу. Причиною цього могла бути важка тогочасна економічно-соціальна ситуація, адже в реальності виміри здійснювали всьо-

го один чи двоє штатних спостерігачів РЛГС, а також студенти-географи (прізвища і підписи спостерігачів Ліскевича Ю. І. та Федечко Л. Т., студентів Дзюбик і Ліницької значаться на титульних сторінках "Книжок" КМ-1 і на зворотному боці стрічок термографа за червень 1991 року).

Отож, завданням дослідження стало віднайти ті джерела інформації про температуру повітря на РЛГС, які б дозволили заповнити пробіли у нічні години доби, коли спостерігачами вимірювання, на жаль, не проведено.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблема пропусків у рядах даних метеостанцій є доволі поширеною як в Україні, так і закордоном. Існує низка методик відновлення пропусків у часових рядах метеорологічних показників, які можна розділити на дві групи: просторові, коли використовують дані сусідніх метеостанцій, і часові (див. [11, 12, 14] та літературу, що там наведена). Корисними можуть бути й Інтернет-ресурси, наприклад [20]. Подібні методи дають змогу отримати відновлені значення температури повітря для шуканого строку спостережень з точністю близько  $1,0^{\circ}\text{C}$  чи з дещо меншою.

У даному дослідженні джерелом для відновлення даних стали тижневі стрічки термографа М-16АН, що вимірював температуру повітря безпосередньо на РЛГС, зокрема, й і у ті моменти часу, коли спостерігач мав би здійснювати (але не здійснював) виміри температури повітря за сухим термометром психрометра. Розташування термографа на одному метеомайданчику із сухим психрометричним термометром дозволяє вважати синхронно виміряні обома приладами величини температури повітря дуже близькими (в межах похибок роботи приладів). Тому застосування даних із термографа, як резервного джерела даних щодо температури на РЛГС, у випадку заповнення пропусків у вимірах, має суттєві переваги над методами, коли з цієї метою до уваги беруть віддалені щодо досліджуваного у просторі пункти спостережень. Наприклад, у публікації [17] дані вимірів термографа також послужили для реконструкції добових значень температури повітря. Як зазначено у "Керівництві", опублікованому Всесвітньою Метеорологічною Організацією [15], термографи були і будуть застосовувати внаслідок їх відносної дешевизни, надійності і портативності.

Методики опрацювання паперових бланків термографів, що були чинні на початку 1990-их років, і які діють тепер [10, 11], по-суті не відрізняються. Згідно з ними, для опрацювання бланків термографа передбачено застосування наявних показів сухого психрометричного термометра з усіх строків спостережень. У нашій ситуації, вимірів температури термометром у нічні години доби не було здійснювано, що ускладнювало нам

завдання. Крім цього, стрічки термографа, які були записані на РЛГС, носять ознаки їх невчасного закладання і зняття з барабану приладу. Це вимагало удосконалити існуючу методику їх опрацювання, адаптувати її до реалій роботи РЛГС шляхом виявлення поправок і внесення їх у зчитані значення з температурної кривої.

Дане дослідження є продовженням подібного [13], у якому до розгляду брали добові стрічки термографа РЛГС за січень 1990 року. Як встановлено авторами, в архіві РЛГС збереглися усі стрічки термографа та "Книжки для запису метеорологічних спостережень" КМ-1 за січень 1990 року та червень 1991 року із записами ходу температури на них, вони були опрацьовані в ході дослідження.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Цінність метеорологічних даних, виміряних на одному місці, зростає залежно від повноти і тривалості рядів. У випадку з РЛГС, встановлено пробіли у даних щодо температури повітря в 1990–1991 роках, що унеможливило статистично опрацьовувати весь ряд із 1969 року і до тепер. Настанова [11] дозволяє застосовувати дані з термографа з метою заповнення пропусків спостережень за сухим психрометричним термометром. Однак, ця ж настанова [11, пункт 5.8.4] не дозволяє обчислювати середні добові значення температури за наявності пропусків під час 4-строкових спостережень (як у даному випадку). У вказівках Всесвітньої Метеорологічної Організації [16] вказано, що навіть сумнівні чи підозрілі значення вимірів потрібно зберігати і вони можуть бути використані для усунення проблем із вимірами. Пошук алгоритму опрацювання тижневих стрічок термографа для заповнення пробілів щодо даних температури повітря у нічні години стало основним завданням даного дослідження.

Вибір для аналізу у нашому попередньому [13] і даному дослідженнях місяців із холодного і теплого сезонів було зроблено для порівняння даних із різних джерел (сухого термометра і термографа) в умовах як від'ємних температур, так і високих літніх значень. У цьому ж дослідженні проаналізовано тижневі стрічки, записані у червні 1991 року (5 штук). У порівнянні із прийнятою в Україні методикою опрацювання стрічок тижневого термографа [10, 11], у даному дослідженні запропоновано під час їх опрацювання вносити поправку у значення температури повітря, яка компенсує пришвиджене чи сповільнене обертання тижневого барабана термографа. Також для обчислення поправок щодо величини температури повітря запропоновано застосовувати не всі виміри за сухим термометром, а лише ті, які були здійснені у доби із похмурою чи дощовою погодою, коли зміни у часі температури повітря

повільні і на термограмах відображені плавною лінією. Прийоми зчитування інформації стрічок, які описані в даній публікації, вважаємо, допоможуть в опрацюванні стрічок термографа РЛГС, або й інших метеостанцій.

**Метою** таких пошуків стало створення алгоритму опрацювання тижневих стрічок термографа, специфіка цього алгоритму обумовлена особливостями функціонування РЛГС у 1990–1991 роках. Опрацювання стрічок термографа необхідне для заповнення пробілів у базі даних у 1990–1991 роках щодо температури повітря на РЛГС. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити проблему відсутності вимірів температури повітря спостерігачем у нічні години на РЛГС, адже й ці величини необхідні для очислення поправок термографа [10, 11]. Наступним завданням було виявити, оцінити і компенсувати пришвидшене чи сповільнене обертання тижневого барабана у спосіб внесення поправок до значень температури, записаної термографом. Також необхідно було протестувати, чи всі виміри сухого термометра придатні для обчислення поправок до температур, вимірюваних термографом.

**Методика досліджень.** Отримані нами на опрацювання стрічки тижневого термографа М-16АН за 1990–1991 роки, записані на РЛГС, та "Книжки для запису метеорологічних спостережень" КМ-1 мають свою специфіку. Робимо спробу виявити недостовірні (тобто ті, які не отримані шляхом безпосередніх вимірювань) записи температури повітря у "Книжках" КМ-1. Вважаємо, що у цьому може допомогти аналіз стрічок термографа, що працював на РЛГС. Припускаємо, що технічні стани термографа, який працював із застосуванням добового [13] і тижневого барабанів, а також сухого психрометричного термометра у дані два досліджувані місяці (січень 1990 року [13] і червень 1991 року) були задовільними і характерними для інтервалу 1990–1991 років.

Величини температури повітря, що припадають на строки вимірювань, зчитували із стрічок термографа, формували електронну таблицю і порівнювали значення температури (обчислення різниці) із відповідними їм, що були записані у "Книжках" КМ-1. Водночас, для отримання достовірної інформації про температуру повітря, записаної термографом з тижневим барабаном, необхідно було внести дві поправки. Перша поправка буде вноситись по осі ординат, збільшуючи чи зменшуючи значення температури, записаної термографом, порівняно з величинами температури вимірюваної сухим психрометричним термометром. Останнє значення вважаємо за базове. Другу поправку вносили по осі абсцис, яка компенсувала сповільнене або пришвидшене повертання бара-

бана, яке можна виявити відносно реперних точок фіксації часу на стрічці. Згідно з [1], за тиждень роботи термографа допустима основна похибка реєстрації часу до  $\pm 30$  хвилин.

**Виклад основного матеріалу.** В архівних "Книжках" КМ-1 РЛГС у колонці, що призначена для запису даних у строк вимірів 03 год., зафіксовано значно менше метеорологічних величин і явищ, ніж у колонках за інші строки термінових спостережень. Дані записані лише у комірках "відлік за сухим термометром у психрометричній будці", "гігрометр", "барометрична тенденція", і зрідка в "атмосферні явища" і "опаді" (рис. 1).

Відсутність записів в інших комірках, а саме тих, які вимагають безпосередньої участі на вимірах спостерігача і описують хмарність, вітер, температуру ґрунту, викликає підозру, чи ці спостереження були проведені, а записи, які такі зроблені, мабуть, були здійснені за показниками самописців, тобто у комірці "сухий термометр" насправді міг бути запис температури, отриманої шляхом зчитування із стрічки термографа.

Як видно із таблиці 1, у переважній більшості випадків різниця між величинами, записаними у КМ-1 ніби-то як значення сухого психрометричного термометра, і значеннями температури, отриманої зчитуванням із стрічок термографа, попередньо необроблених (!), становить  $0$  °С, зрідка  $\pm 0,1$ – $0,2$  °С.

Це нас переконує, що маємо справу не з вимірюваними сухим психрометричним термометром величинами температури, а це – дані, зчитані зі стрічок термографа. Різниця більше  $\pm 0,2$  °С, яка зрідка виникала, пов'язана з відмінностями у зчитуванні стрічок різними особами. Звідси можна робити висновок, що значення температури, записані у КМ-1 у строк 03 год, є неопрацьовані і їх не можна використовувати для обчислення поправок до величин температури (за віссю ординат) для стрічок термографа.

На тижневих стрічках термографа бачимо вертикальні риси, зроблені олівцем у місцях, які відповідають строкам спостереження (03, 09, 15 і 21 год.) згідно з маркуванням часу на стрічці (рис. 2). Виявлена особливість походження записів температури в КМ-1 дозволяє засумніватись у об'єктивності записів температури повітря і в інші строки спостережень. Це вимагає більш ретельного ставлення до даної інформації.

Наступним кроком нашого аналізу було порівняти записи спостережень за сухим термометром у строкові виміри у 09, 15 і 21 годинах, зроблені у КМ-1, із відповідними цим термінам значеннями температури, зчитаними із тижневих стрічок термографа (таблиця 2).

Як видно з таблиці 2, різниці між згаданими величинами групуються у три діапазони: 1)  $0$  –

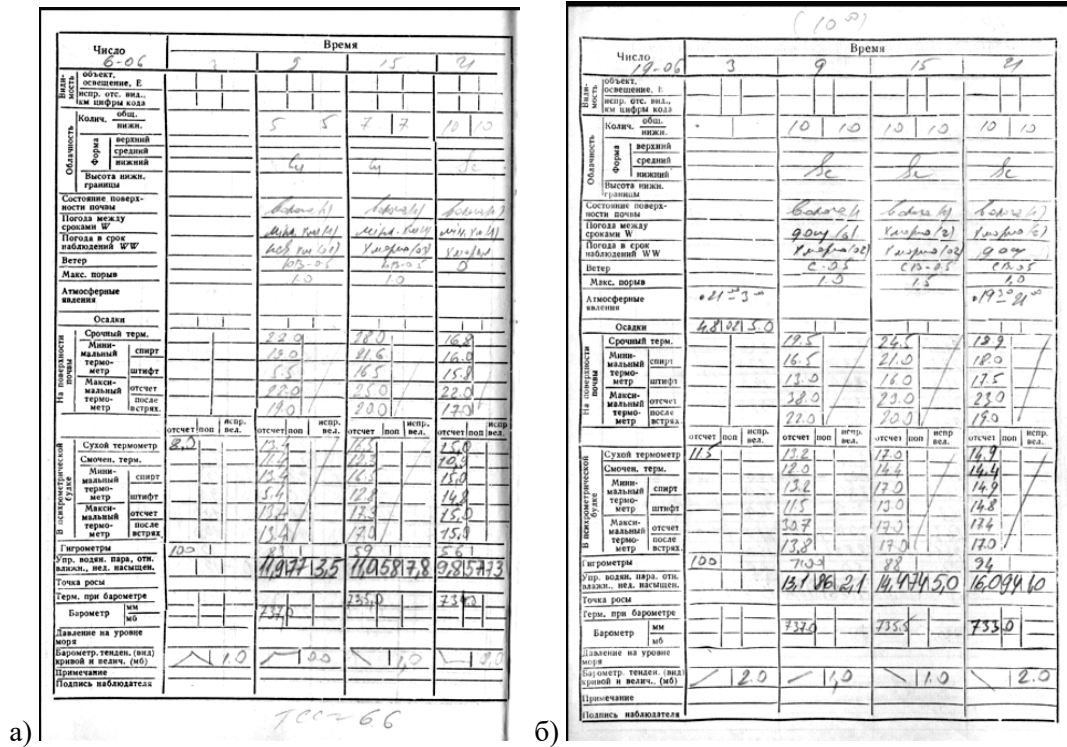


Рис. 1. Сторінки "Книжки" КМ-1 РЛГС за 06 (а) і 19 (б) червня 1991 року  
 Fig. 1. Pages of the "Book" КМ-1 of the RLGs for June 6 (a) and 19 (b), 1991

Таблиця 1 / Table 1

Порівняння величин температури повітря, зафіксованих у строк 03 год., записаних у журналі КМ-1, із величинами температури, зчитаними з тижневих стрічок термографа, червень 1991 р., °С / Comparison of air temperature values, recorded in the 03-hour term and written in the КМ-1 journal, with temperature values read from weekly thermograph tapes, June 1991, °С

дата	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
t03, т-р	7,5	10,2	7,0	12,8	11,2	8,0	11,0	13,5	13,0	11,0	13,0	12,9	10,0	13,5	10,8
t03, т-ф	7,5	10,2	6,9	12,8	11,2	8,0	11,0	13,5	13,0	11,0	13,8	12,9	9,8	13,7	10,8
Δt03	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	-0,8	0	0,2	-0,2	0

дата	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
t03, т-р	15,0	19,7	19,0	11,5	14,0	10,0	11,0	12,4	12,8	17,0	13,5	15,0	19,0	12,0	11,0
t03, т-ф	15,0	19,8	19,0	11,5	13,5	10,2	11,0	12,5	12,8	17,0	13,5	15,0	19,0	12,1	11,0
Δt03	0	-0,1	0	0	0,5	-0,2	0	-0,1	0	0	0	0	0	-0,1	0

де "t03, т-р" – величина температури, записана у журналі КМ-1, "t03, т-ф" – величина температури, зчитана з тижневих стрічок термографа, Δt03 – різниця між "t03, т-р" і "t03, т-ф" / where "t03, т-р" – temperature value, written in the КМ-1 journal, "t03, т-ф" – temperature value, read from weekly thermograph tapes, Δt03 – the difference between "t03, т-р" and "t03, т-ф".

±0,1–0,2 °С, виділені курсивом; 2) ±0,3–0,8 °С, звичайним шрифтом; 3) ±1,0 °С і значно більше, виділені жирним шрифтом. Різницю 0 – ±0,1–0,2 °С можна пояснити, як і у випадку з записами за 3 год., тим, що деякі записи у КМ-1 також є зчитаними з стрічок термографа, або ж тим, що показники, зчитані спостерігачем із термометра, і зчитані нами із стрічки термографа, співпали. Коли між значеннями температур за сухим термометром і термографом різниця становить аж 1,0 °С або й значно більше, то це свідчить, що, з одного боку, температура була виміряна термометром і зафіксована спостерігачем, а з другого, що маємо

справу з тими інтервалами доби, коли відбувалася швидка зміна температури повітря за одиницю часу (рис. 2а).

Такий процес є природним вліті для відрізків часу близько до 09 год., коли зранку температура повітря швидко зростає, в обідню пору, близько до 15 год. температура зазнає швидких стрибкоподібних коливань, а ввечері, близько до 21 год. часто спостерігаємо швидке зниження значень температури. Найплавнішою, і тому найпридатнішою для обчислення поправок на температуру термографа, крива зміни температури повітря є вночі, близько до строку вимірів о 03 год, проте,

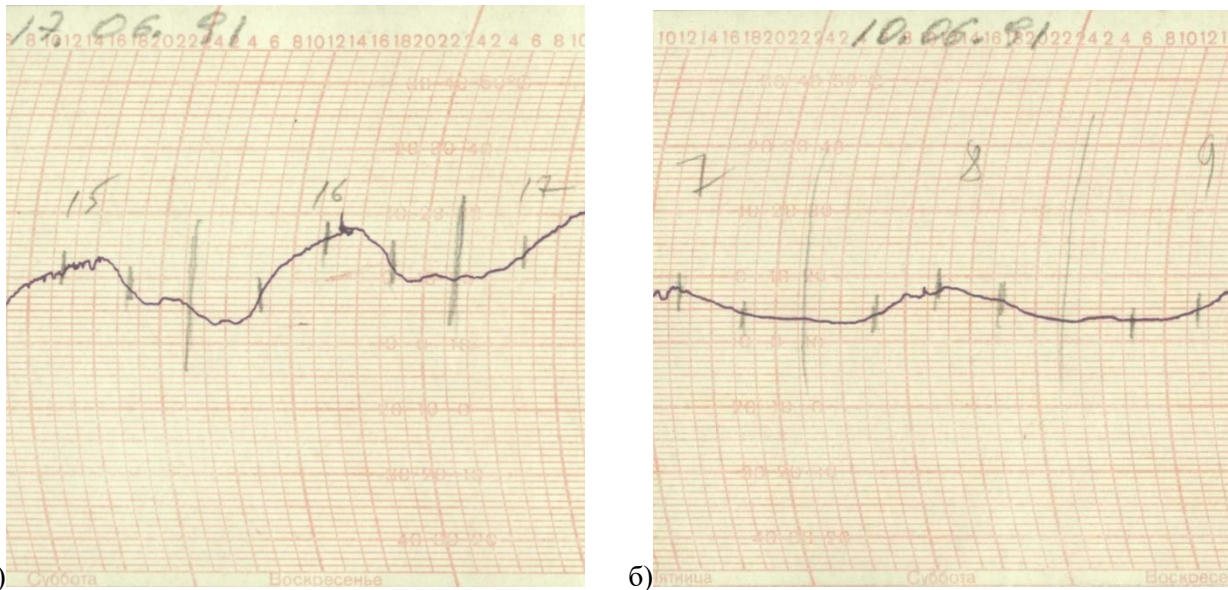


Рис. 2. Зображення на тижневих стрічках термографа добових коливань температур повітря двох видів: а) значної амплітуди і швидкої її зміни у сонячний день 16.06.1991 р., що мало придатне для обчислення поправок до температури, виміряної термографом і б) невеликої амплітуди 08.06.1991 р. у хмарний (10 балів) і дощовий день, що придатне для обчислення поправок до температури, виміряної термографом. Вертикальні риси, прорисовані олівцем – механічна (?) інтерполяція постфактум спостерігачем точок на кривій температури, що відповідають термінам спостережень 03, 09, 15 і 21 год. Записи термографом температури у точках, що відповідають 03 годині, можливо й інших (?) точок, без внесення поправки на час, використовувались для фіксації у журналах КМ–1 як показник сухого психрометричного термометра /

Fig. 2. Drawing on weekly tapes of the thermograph daily fluctuations of air temperatures of two types: a) a significant amplitude and its rapid change on a sunny day 16.06.1991, which is not suitable for calculating corrections to the measured by the thermograph temperature and b) a small amplitude on 06.08.1991 on a cloudy (10 points) and rainy day, which is suitable for calculating corrections to the measured by the thermograph temperature. Vertical lines drawn with a pencil are mechanical (?) interpolations after the fact by the observer of the points on the temperature curve that corresponds to the observation periods of 03, 09, 15, and 21 hours. Thermograph records of temperature at points corresponding to 03 o'clock, possibly and other (?) points, without making time corrections, were used for taping in KM-1 journals to measure a dry psychrometric thermometer

як було вказано вище, вимірювання температури повітря сухим термометром на РЛГС, на жаль, не проводили, що унеможливило визначення поправок простим шляхом.

Тому використовувати ті величини температури, поміряні сухим термометром, які припадають на вимір, коли відбувалася швидка зміна температури, для обчислення поправки термографа на температуру також не можна. Проте, якщо протягом тривалого часу на РЛГС фіксувалася похмура або дощова погода (це можна вияснити із записів КМ–1, наприклад, як на рис. 16, рис. 26), то різниці між сухим термометром і показом термографа зменшуються [7, 9, 15] і потрапляють у діапазон  $0 - \pm 0,3 - 0,8$  °C. Саме ці різниці придатні для обчислення поправок. Вони відображають точність вимірювання температури термографом, яка становить  $\pm 1,0$  °C [1]. Такий діапазон різниць між показниками сухого термометра і термографа можливий у випадку, якщо тижнева стрічка термо-

графа була закладена правильно, горизонтально, до того ж місце запису термографом на стрічці температури було відрегульоване по вертикалі, і місце початку кривої температури співпадало із показниками сухого термометра. За всіма ознаками, цих вимог було дотримано у всіх аналізованих стрічках за червень 1991 року.

Інша проблема, яку потрібно було вирішити у даному дослідженні – це встановити справжнє положення хоча б кількох точок на кривій запису термографом температури у межах кожної стрічки, щодо положення яких у часі (вісь абсцис) викликає найменше сумнівів. Ці точки можуть слугувати часовими реперами, від яких будуть розраховуватись поправки на зміщення у часі для різних відрізків тижневої стрічки термографа. Як про це скажемо далі, точки на лінії запису температури, що відповідають часу строкових вимірів, насправді можуть бути зміщеними стосовно їх місця запису на стрічці вліво або вправо, що суттєво

Таблиця 2 / Table 2

Порівняння величин температури, записаних у журналі КМ–1 за 09, 15, 21 год.,  
із величинами температури, зчитаними з тижневих стрічок термографа, червень 1991 року, °С /  
Comparison of temperature values, written in the КМ–1 journal in the observation periods of 09, 15,  
and 21 hours, with temperature values read from weekly thermograph tapes, June 1991, °С

дата	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
t09, т-р	10,0	9,0	10,0	14,0	8,8	13,4	11,5	14,6	13,5	17,2	16,5	12,5	15,0	16,6	14,5
t09, т-ф	10,0	9,2	10,0	14,0	8,8	8,5	11,5	14,0	13,3	10,0	16,5	12,5	15,0	16,6	14,5
Δt09	0	-0,2	0	0	0	4,9	0	0,6	0,2	7,2	0	0	0	0	0
t15, т-р	18,0	15,8	20,4	19,0	9,6	16,5	18,6	18	16,6	21	20,2	18,7	22,2	15,0	21,0
t15, т-ф	18,0	14,2	20,8	18,0	9,0	16,0	18,0	17,5	15,0	21	18,5	18,0	22,2	15,0	21,0
Δt15	0	1,6	-0,4	1,0	0,6	0,5	0,6	0,5	1,6	0	1,7	0,7	0	0	0
t21, т-р	16,5	12,0	17,0	14,2	10,0	15,0	14,0	16,0	16,0	17,5	17,3	16,0	20,2	15,3	18,0
t21, т-ф	16,0	11,8	17,2	14,0	10,0	15,2	14,5	16,5	16,5	17,5	17,5	16,0	20,2	16,5	18,2
Δt21	0,5	0,2	-0,2	0,2	0	-0,2	-0,5	-0,5	-0,5	0	-0,2	0	0	-1,2	-0,2
дата	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
t09, т-р	17,5	24,0	24,4	13,2	13,4	16,0	14,5	17,5	21,2	17,5	16,2	20,4	12,8	13,3	13,8
t09, т-ф	17,5	24,0	24,8	13,0	13,0	16,0	14,5	17,5	18,0	17,5	16,0	20,0	13,0	13,0	11,0
Δt09	0	0	-0,4	0,2	0,4	0	0	0	3,2	0	0,2	0,4	-0,2	0,3	2,8
t15, т-р	28,0	31,0	27,5	17,0	16,8	21	23,4	24	25,2	18,6	22,2	25	17,4	18,8	15,4
t15, т-ф	27,0	30,5	28	17,0	15,8	20,8	22,9	23,7	25,0	17,5	22,5	24,5	14,0	18,0	15,2
Δt15	1,0	0,5	-0,5	0	1,0	0,2	0,5	0,3	0,2	1,1	-0,3	0,5	3,4	0,8	0,2
t21, т-р	21,5	22,5	15,0	14,9	14,0	13,0	16,5	17,4	19,0	15,0	19,4	22,0	15,5	14,2	14,2
t21, т-ф	21,5	21,7	14,5	14,9	14,2	13,7	17	18,5	18,5	15	19	21,5	15,2	14,5	13,9
Δt21	0	0,8	0,5	0	-0,2	-0,7	-0,5	-1,1	0,5	0	0,4	0,5	0,3	-0,3	0,3

де "t09, т-р", "t15, т-р", "t21, т-р" – величини температури, записані у журналі КМ–1 як покази сухого термометра у строки вимірів, відповідно, 09, 15 і 21 год, "t09, т-ф", "t15, т-ф", "t21, т-ф" – величини температури, зчитані з тижневих стрічок термографа для точок кривої, що припадають на, відповідно, 09, 15 і 21 год часової шкали стрічки, Δt09, Δt15 і Δt21 – різниці, відповідно, між "t09, т-р" і "t09, т-ф", "t15, т-р" і "t15, т-ф", "t21, т-р" і "t21, т-ф" /

where "t09, т-р", "t15, т-р", "t21, т-р" – temperature value, written in the КМ–1 journal as a dry psychrometric thermometer measurements respectively, at 09, 15 and 21 h, "t09, т-ф", "t15, т-ф", "t21, т-ф" – temperature value, read from weekly thermograph tapes for the points of the curve falling on, respectively, 09, 15 and 21 h of the tape time scale, Δt09, Δt15 і Δt21 – differences between respectively, "t09, т-р" and "t09, т-ф", "t15, т-р" and "t15, т-ф", "t21, т-р" and "t21, т-ф".

впливає на величину температури, приведеної до моменту строкових спостережень.

Першою такою реперною точкою може бути початок запису кривої температури [10, с. 51–52], що припадає на 15 год. понеділка (хоч на стрічках РЛГС – не завжди), і це місце відповідає фактичному часовому положенню на стрічці. Вважаємо, що спостерігач, змінюючи стрічку, закладав нову і запускав термограф у строк спостережень.

Другою точкою слугує момент закінчення запису кривої температури, що мало би відбутись також в 15 год. наступного понеділка, проте, часто це було не так. Запис міг бути зупинений в інший час, наприклад, о 10 годині 10.06., про що свідчить запис у КМ–1 (рис. 3).

Ще одними точками на стрічці тижневого термографа, які слугують часовими реперами, є точки, через які прорисовані вертикальні риси (рис. 26). Ці риси зобов'язаний відзначати спостерігач, натискаючи кнопку позначання часу термографа у строк спостережень. Прорисована

риска також дозволяє впевнитись у присутності спостерігача на вимірах на метеомайданчику і вважати значення температури повітря за сухим термометром достовірним.

Проте, інколи буває, що значення температури в місці до прорисовування риси і після неї суттєво відрізняється. Такий стрибок може сягати 1 °С (у випадку за 16.06.1991 року, що на рис. 26, коли до прорисовування риси крива температури була на 26,9°С, а після – 27,9 °С) і більше, і він обумовлений надмірним тертям стрілки самописця об барабан [15]. Після прорисовування вертикальної риси, вважаємо, термограф продовжив запис температури вже без цього надмірного тертя, і до уваги брали те значення температури, яке записане одразу після прорисовування вертикальної риси (правіше від неї).

Отож, на тижневій стрічці термографа можна виявити кілька реперних точок, фіксація яких відбувалась за участю спостерігача у відомий нам час. Це дає змогу розбити тижневу стрічку на кі-

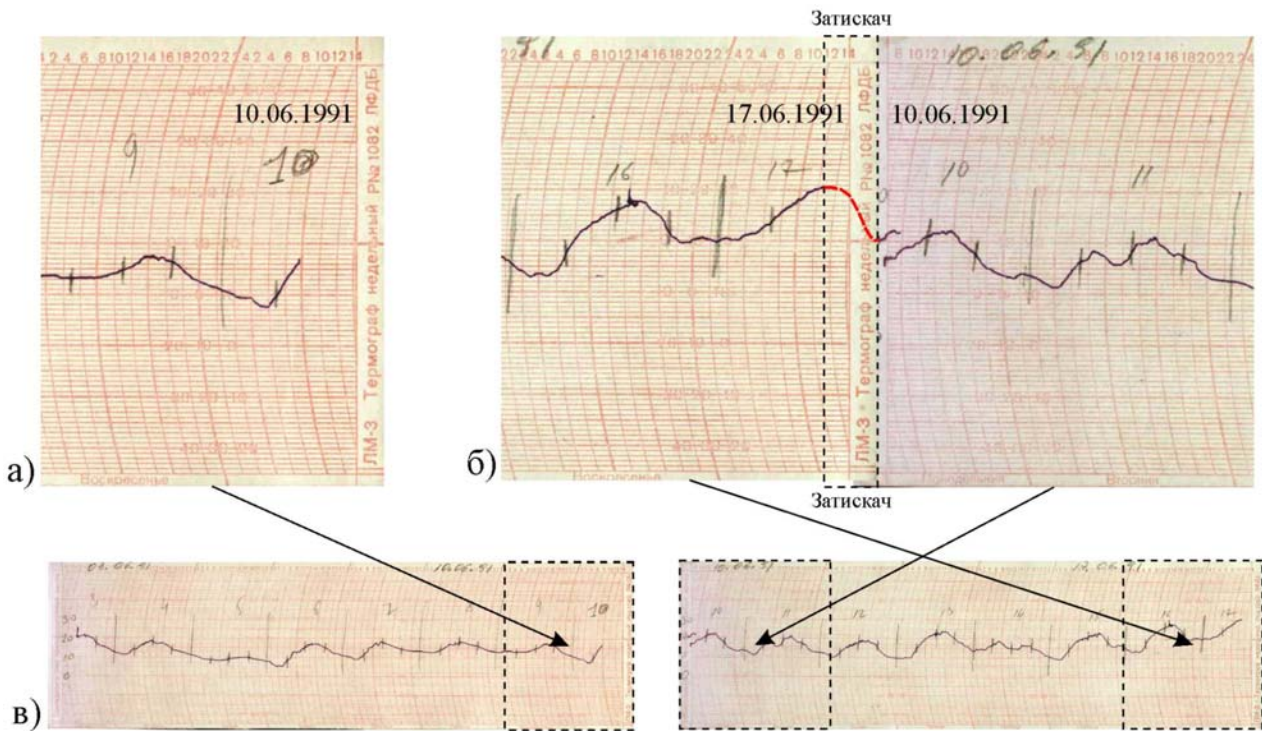


Рис. 3 Реперні точки фіксації часу на кривій запису температури повітря термографом на тижневій стрічці. Запис на стрічці за 10.06.1991 року (а) припинено в 10 годині, що відповідає положенню на стрічці 11 год. 50 хв. і вимагає внесення поправки на час "вліво". Запис на стрічці за 17.06.1991 року (б) не був зупинений вчасно у 15 годині, перо прокрутилось через затискач (пунктир), і крива температури почала прорисовуватись на початку стрічки (за 10.06). Сказати впевнено про час закінчення запису температури важко. Розташування початкових і прикінцевих фрагментів (а) і (б) на тижневих стрічках термографа (в) /

Fig. 3. Reference points of time fixation on the air temperature recording curve on a weekly thermograph tape. The recording line on the tape for 10.06.1991 (a) was stopped at 10 o'clock, which corresponds to the position on the tape at 11 h 50 min. And requires a time amendment to the "left". The recording on the tape for 06.17.1991 (b) was not stopped in time at 15 h, the pen scrolled through the clamp (dashed), and the temperature curve began to be drawn at the beginning of the tape (for 06.10). It is difficult to say with certainty about the end time of the temperature recording. The location of the initial and final fragments (a) and (b) on the weekly thermograph tapes (в) /

лька частин, для кожної з яких можна визначати способом лінійної інтерполяції поправку на час (зміщення по осі абсцис вліво або вправо) і локалізацію тих точок, що відповідають строковим вимірам, які потрапляють поміж дві реперні точки.

Величини температури на тижневих стрічках термографа для точок, які відповідають строкам вимірів, будуть суттєво відрізнятись між випадків: а) механічним зчитуванням температури у цих точках на кривій, коли до уваги взято лише часову шкалу стрічки (місця, прокреслені олівцем, рис. 2) і б) коли внесено поправку на локалізацію цих точок на кривій температури. Результати такого порівняння наведено у таблиці 3.

Як видно з порівняння величин температури, які механічно зчитані зі стрічки тижневого термографа (місця, прокреслені олівцем), і тих величин, які виникають після внесення поправки на час, різниці можуть становити  $\pm 1^\circ\text{C}$  і більше.

Проте, саме ці величини температури, у які внесені поправки на час, лише можна застосовувати для подальшого обчислення поправок на температуру у точках, для яких вимірювання температури повітря сухим термометром викликає найменше сумнівів.

Таким чином, кожна з тижневих стрічок термографа отримує індивідуальний набір точок, для яких можна обчислити поправку на температуру, віднявши від температури за сухим термометром значення температури за записом термографа. Поправки, що виникають, як це виявилось після проведеного аналізу, взаємно підтверджують одна одну, оскільки відрізняються між собою в межах  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Такий результат закономірний, адже початок запису кривої температури завжди співпадав з показом сухого термометра, а точність термографа становить  $\pm 1^\circ\text{C}$  [1]. Відрізок тижневої стрічки термографа між двома точками, для яких

обчислена поправка на температуру, опрацьовували за методикою обробки стрічки добового термографа [10].

З досвіду опрацювання тижневих стрічок термографа за червень 1991 року, можемо сформулювати алгоритм для опрацювання подібних стрічок за інші місяці. В електронну таблицю в окремі колонки записуємо величини температури у строки спостережень: а) за сухим термометром, б) за термографом у точках, що відповідають строкам спостереження. Віднявши значення колонок (а) і (б), визначаємо ті значення темпера-

тури за сухим термометром, які придатні для обчислення поправок. Відкидаємо занадто великі величини різниць, які виникають під час швидкої зміни температури. Значення, близькі до 0, можуть бути не міряні термометром, а зчитані з стрічки термографа (хоч і не завжди). Рішення щодо їх залучення до аналізу потрібно приймати індивідуально, наприклад, звертаючи увагу у записи в КМ-1, які можуть дати аргументи щодо реального проведення вимірів спостерігачем. Наступним кроком стає відшукування на кожній із стрічок термографа точок, які служать часовими

Таблиця 3 / Table 3

Оцінка зміни значення температури повітря при внесенні поправки на локалізацію точок кривої на тижневій стрічці термографа, що відповідають строкам вимірів 03, 09, 15 і 21 год, червень 1991 року, °С / The air temperature value change evaluation in the localization of the curve points on the weekly tape of the thermograph making a correction, corresponding to the measurement periods of 03, 09, 15 and 21 hours, June 1991, °С

Дата	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
t03, т-ф	7,5	10,2	6,9	12,8	11,2	8,0	11,0	13,5	13,0	11,0	13,8	12,9	9,8	13,7	10,8
t'03, т-ф	7,5	10,0	7,0	13,0	11,5	8,0	11,0	13,5	13,0	10,0	13,5	12,5	10,0	13,5	10,0
Δt03	0	0,2	-0,1	-0,2	-0,3	0	0	0	0	1,0	0,3	0,4	-0,2	0,2	0,8
t09, т-ф	10,0	9,2	10,0	14,0	8,8	8,5	11,5	14,0	13,3	17,0	16,5	12,5	15,0	16,6	14,5
t'09, т-ф	11,0	10,0	13,0	14,0	9,0	8,0	11,0	13,0	13,5	17,0	16,5	13,0	15,0	17,0	15,0
Δt09	-1,0	-0,8	-3	0	-0,2	0,5	0,5	1,0	-0,2	0	0	-0,5	0	-0,4	-0,5
t15, т-ф	18,0	14,2	20,0	18,0	9,0	16,0	18,0	17,5	15,0	21,0	18,5	18,0	22,2	15,0	21,0
t'15, т-ф	18,0	15,8	20,5	18,5	9,5	14,5	18,0	17,5	14,0	21,0	18,0	18,0	22,0	15,0	21,0
Δt15	0	-1,6	-0,5	-0,5	-0,5	1,5	0	0	1,0	0	0,5	0	0,2	0	0
t21, т-ф	16,0	11,8	17,2	14,0	10,0	15,2	14,5	16,5	16,5	17,5	17,5	16,0	20,2	16,5	18,2
t'21, т-ф	14,5	9,0	17,0	14,0	10,0	15,0	14,5	16,5	16,0	17,5	17,0	16,0	21,0	15,0	17,0
Δt21	1,5	2,8	0,2	0	0	0,2	0	0	0,5	0	0,5	0	-0,8	1,5	1,2

Дата	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
t03, т-ф	15,0	19,8	19,0	11,5	13,5	10,2	11,0	12,5	12,8	17,0	13,5	15,0	19,0	12,1	11,0
t'03, т-ф	14,5	20,0	19,0	11,5	14,0	10,0	11,0	12,5	13,0	17,0	13,5	15,0	19,0	12,0	11,0
Δt03	0,5	-0,2	0	0	-0,5	0,2	0	0	-0,2	0	0	0	0	0,1	0
t09, т-ф	17,5	24,0	24,8	13,0	13,0	16,0	14,5	17,5	18,0	17,5	16,0	20,0	13,0	13,0	11,0
t'09, т-ф	19,0	25,0	25,0	12,0	13,0	16,0	15,0	17,0	18,0	17,5	16,0	19,0	14,0	13,0	11,0
Δt09	-1,5	-1,0	-0,2	1,0	0	0	-0,5	0,5	0	0	0	1,0	-1,0	0	0
t15, т-ф	27,0	30,5	28,0	17,0	15,8	20,8	22,9	23,7	25,0	17,5	22,5	24,5	14,0	18,0	15,2
t'15, т-ф	28,0	30,5	28,0	17,0	15,8	21,0	23,0	23,7	25,0	17,5	22,5	24,5	13,5	18,0	15,2
Δt15	-1,0	0	0	0	0	-0,2	-0,1	0	0	0	0	0	0,5	0	0
t21, т-ф	21,5	21,7	14,5	14,9	14,2	13,7	17,0	18,5	18,5	15,0	19,0	21,5	15,2	14,5	13,9
t'21, т-ф	20,0	22,0	15,0	15,0	14,0	13,0	17,0	18,0	18,0	15,0	19,0	22,5	15,5	15,0	14,0
Δt21	1,5	-0,3	-0,5	-0,1	0,2	0,7	0	0,5	0,5	0	0	-1,0	-0,3	-0,5	-0,1

де "t03, т-ф", "t09, т-ф", "t15, т-ф", "t21, т-ф" – величини температури, зчитані з тижневих стрічок термографа для точок кривої, що припадають на, відповідно, 03, 09, 15 і 21 години часової шкали стрічки, "t'03, т-ф", "t'09, т-ф", "t'15, т-ф", "t'21, т-ф" – величини температури повітря, отримані для точок кривої, що відповідають строкам вимірів 03, 09, 15 і 21 годин, але при внесенні поправки на локалізацію точок в часі, Δt03, Δt09, Δt15 і Δt21 – різниці, відповідно, між "t03, т-ф" і "t'03, т-ф", "t09, т-ф" і "t'09, т-ф", "t15, т-ф" і "t'15, т-ф", "t21, т-ф" і "t'21, т-ф" /



where "t03, т-ф", "t09, т-ф", "t15, т-ф", "t21, т-ф" – temperature value, read from weekly thermograph tapes for the points of the curve falling on, respectively, 03, 09, 15 and 21 h of the tape time scale, "t'03, т-ф", "t'09, т-ф", "t'15, т-ф", "t'21, т-ф" – air temperature values obtained for the curve points corresponding to the measurement periods of 03, 09, 15 and 21 hours, but with a time correction for the localization,  $\Delta t_{03}$ ,  $\Delta t_{09}$ ,  $\Delta t_{15}$  і  $\Delta t_{21}$  – differences between respectively, "t03, т-ф" and "t'03, т-ф", "t09, т-ф" and "t'09, т-ф", "t15, т-ф" and "t'15, т-ф", "t21, т-ф" and "t'21, т-ф".

реперами (початкова і кінцева точки температурної кривої, а також місця прокреслювання вертикальних рисок спостерігачем). Ці точки дають змогу внести поправки, щоб компенсувати пришвидшене чи сповільнене прокручування барабана термографа, а також упевнитись у значеннях температури за сухим термометром у відповідні їм строки спостережень. Ці значення температури будуть формувати колонку (в). У неї додатково увійдуть значення температури, отримані шляхом зчитування температури із стрічки для дощових і/або похмурих днів, для точок, у локалізацію яких внесено поправку на час. Різниця між колонкою (а) і колонкою (в) буде давати поправку на температуру для кількох строків спостережень на кожній тижневій стрічці, окремо взятій. Останнім кроком стає лінійна інтерполяція поправок на температуру між сусідніми точками, для яких обчислено цю поправку, на проміжні строки спостережень.

**Висновки.** Отже, у записах книг КМ–1 за 1990–1991 роки на РЛГС далеко не всі величини температури повітря були міряні спостерігачем, а насправді зчитані із добових і тижневих стрічок термографа. Причому ці зчитані величини температури не можна брати в обробку для обчислення середньодобових і інших усереднених величин, бо у них не внесено поправку на час, через що значення температури повітря може відрізнятись на цілий градус і більше.

Як встановлено у ході даного дослідження, не всі виміри сухого психрометричного термометра придатні для обчислення поправок для термографа. Найкраще для цієї мети підходять виміри, які припадають на дощову і/або похмуру погоду, коли зміни температури повітря сповільнюються у часі. При опрацюванні стрічок термографа із тижневим періодом обертання барабана необхідно виявити реперні точки фіксації часу, до яких необхідно долучати й моменти закладання й зняття стрічки з барабану спостерігачем. Вони дозволяють виявити зміщення "вліво" чи "вправо" точок на кривій, що відповідають значенням температури саме у строк спостережень, із подальшим обчисленням поправки до температури, що компенсує пришвидшене чи сповільнене обертання барабана. Лише після цього виникає можливість встановити значення температури повітря у нічні години, зафіксованих термографом, що й було метою даного дослідження.

На прикладі досліджуваного інтервалу протягом червня 1991 року авторами запропоновано алгоритм опрацювання тижневих стрічок термографа, що функціонував на РЛГС у 1990–1991 роках. Це дозволить заповнити пропуски у значеннях нічних строків вимірів температури, обчислити середньодобові, середньомісячні та інші значення температури повітря на РЛГС, і, в результаті, опрацювати весь п'ятдесятирічний ряд даних щодо температури повітря. Можливо, запропонований алгоритм буде корисним і при усуненні пробілів у даних щодо температури на інших пунктах спостережень, де термограф слугував резервним приладом фіксації температури повітря.

Порівнюючи дане дослідження з попереднім [13], можемо стверджувати, що тижневі і добові стрічки термографа РЛГС відрізняються алгоритмом їх опрацювання. У тижневих стрічках не виявлено ознак негоризонтального закладання. Проте, крива запису температури повітря протягом однієї доби на стрічці тижневого термографа коротша у сім разів ніж та сама крива, записана на стрічці добового термографа. Тому для відрізків доби, коли відбувалась швидка зміна температури повітря, порівнювати значення температури за термографом із тижневим барабаном і сухим термометром не завжди є змога. Придатними для такого порівняння і відповідно обчислення поправок можуть бути доби, коли була дощова і/або похмура погода. Виявлення таких діб, які придатні для обчислення поправок на температуру термографа, можна візуально із стрічок термографа, звертаючи увагу на доби з мінімальною амплітудою температури, а також за допомогою книжок КМ–1, у яких знаходимо інформацію про стан неба і опади в дану добу.

Як виявилось для червня 1991 року, поправки на температуру повітря не перевищували  $\pm 0,8$  °C, що з одного боку пояснюється точністю роботи термографа  $\pm 1$  °C, а з іншого боку є свідченням задовільної роботи самописця і можливості заповнення відсутніх даних щодо температури повітря у ті строки спостереження коли вони не були міряні сухим термометром. Як впливає із результатів даного дослідження, застосування тижневих стрічок термографа для реконструкції значень температури у строки вимірів дозволяє це здійснювати з точністю  $\pm 1,0$  °C, і дещо точніше, що є конкурентним порівняно з іншими методами

[12, 14].

Перспективним продовженням даного дослідження вбачається порівняння отриманих реконструйованих значень температури у строки вимірів на РЛГС у 1990–1991 роках із даними з джерела [20], а також із сусідньої до РЛГС метеостанції аеропорту "Львів", оскільки вони розташовані в подібних фізико-географічних умовах [4, 18]. Дотепер дані щодо температури повітря на

РЛГС не були залучені до складання бази даних із рядів середніх місячних значень температури повітря в охопленні всієї території України [2]. У майбутньому дані РЛГС та інших сусідніх метеостанцій можна використати для кліматологічних досліджень, зокрема оцінювання регіональних кліматичних змін.

Проведене дослідження додає нових штрихів до історії роботи РЛГС [3, 5, 6, 8].

#### Список використаної літератури

1. Вінчук М. М. "Метеорологія та кліматологія". Практикум / М. М. Вінчук. – Житомир, 2019. – 99 с. <http://eztuir.ztu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7941/2/Вінчук.pdf>
2. Гомогенізована база даних довгих рядів середньої місячної температури повітря / В. І. Осадчий, О. А. Скриник, В. П. Сіденко, та ін. // Геоінформатика. – 2018. – № 1 (65). – С. 3–17. ISSN 1684-2189. <http://www.geology.com.ua/wp-content/uploads/2021/06/Osadchiv.pdf>
3. Довготермінові спостереження довкілля: досвід, проблеми, перспективи : матеріали Міжнародного наукового семінару, присвяченого 75-річчю з дня народження Б. П. Мухи і 50-річчю роботи Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів–Брюховичі, 10–12 травня 2019 р.). – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 236 с. [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/Seminar\\_Zbirnyk\\_2019.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/Seminar_Zbirnyk_2019.pdf)
4. Клімат Львова / [за ред. В. М. Бабіченко, Ф. В. Зузука]. – Луцьк, 1998. – 188 с.
5. Муха Б. П. Розтоцький ландшафтно–геофізичний стаціонар / Б. П. Муха // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 1980. – Вип. 12. – С. 80–84.
6. Муха Б. Кафедра фізичної географії Львівського національного університету імені Івана Франка (1944–2004). Історія та персоналії. Збірник / Б. Муха. – Львів : Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2004. – 248 с. + додатки 249–345 + фотоальбом 88 с.
7. Муха Б. П. Мікрокліматичні особливості Дубровицького ландшафту Південного Розточчя / Б. П. Муха, О. М. Руда // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 2009. – Вип. 37. – С. 129–135.
8. Муха Б. Розтоцький ландшафтно–геофізичний стаціонар: формування, розвиток, наукові надбання: моногр. / Б. Муха. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 126 с. <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/02/монографія-РЛГС.pdf>
9. Муха Б. Топотермічні властивості території Львова / Б. Муха // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 2010. – Вип. 38. – С. 221–237.
10. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина 1. Метеорологічні спостереження на станціях. м. Київ. Державна гідрометеорологічна служба. 2011. – 280 с. <http://www.cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/images/PraciSpivrobotnikov/mastanovy-3.pdf>
11. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина 2. Опрацювання матеріалів метеорологічних спостережень. – УкрГМЦ, 2018. – 88 с. <http://ndr.dsns.gov.ua/wp-content/uploads/delightful-downloads/2018/07/Основна-част-3.pdf>
12. Скриник О. А. Відновлення пропусків у часових рядах метеорологічних показників / О. А. Скриник, О. Я. Скриник // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 260. – С. 46–53. [https://uhmi.org.ua/pub/np/260/Skrynyk\\_260.pdf](https://uhmi.org.ua/pub/np/260/Skrynyk_260.pdf)
13. Яворський Б. Дослідження записів термографа РЛГС як резервного джерела даних щодо температури повітря / Б. Яворський, В. Чепурко // Реалії, проблеми та перспективи розвитку географії, екології, туризму та сфери гостинності в Україні : матеріали XXIII-ої Всеукраїнської студентсько-аспірантської наукової конференції (м. Львів, 19–20 травня 2022 року). – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. – С. 58–62. [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/11/2022\\_Stud-konf23-Realiyi-persp.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/11/2022_Stud-konf23-Realiyi-persp.pdf)
14. Filling Gaps in Hourly Air Temperature Data Using Debaised ERA5 Data / Lompar M, Lalić B., Dekić L., [et al.]. // Atmosphere. – 2019. – 10. – no. 1: 13. – PP. 1–24. <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/1/13> <https://doi.org/10.3390/atmos10010013>
15. Guide to Instruments and Methods of Observation. Volume I – Measurement of Meteorological Variables // WMO. – 2021. – No. 8. – PP. 114–116. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11386](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11386)
16. Guidelines on Surface Station Data Quality Control and Quality Assurance for Climate Applications // WMO. – 2021. – No. 1269. – P. 4. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11019](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11019)
17. Insights from 20 years of temperature parallel measurements in Mauritius around the turn of the 20th century / S. O. Awe, M. Mahony, E. Michaud [et al.] // Climate of the Past. – 2022. – 18. – PP. 793–820. <https://cp.copernicus.org/articles/18/793/2022/cp-18-793-2022.pdf> <https://doi.org/10.5194/cp-18-793-2022>
18. Klimat / Roztocze. Przyroda i człowiek / [Kaszewski B. M., Siwek K., Gluza A. i in.] ; red. nauk. Grabowski T., Harasimiuk M., Kaszewski B. M., i in. – Zwierzyniec, Roztoczański Park Narodowy, 2015. – S. 123–135.
19. Mucha B. Badania na stacji terenowej Wydziału Geografii Uniwersytetu Lwowskiego na Roztoczu Południowym / B. Mucha // Regionalne Studia Ekologiczno-Krajobrazowe. Problemy Ekologii Krajobrazu. – 2006. – T. XVI. – S. 283–295.
20. Режим доступу: <https://www.ventusky.com/?p=49.839;24.061;10&l=temperature-2m>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

## Processing algorithm of weekly records of the Roztochia landscape-geophysical station thermograph M-16AH as a response source of air temperature data

Bohdan Yavorskyy<sup>1,2</sup>,

PhD (geography), Associate Professor of Department of Geoecology and Physical Geography,

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv, 41 Doroshenka St., 79000 Lviv, Ukraine,

Scientific supervisor of the <sup>2</sup> Roztochia Landscape-Geophysical Station,

7 Nowa St., Bryuhovychi, Lviv, 79491, Ukraine;

Viktorija Chepurko<sup>2</sup>,

Laboratory Assistant

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** During the database processing of the Roztochia landscape-geophysical station (RLGS), located in the village of Bryukhovychi, Lviv, an air temperature data gap for 1990–1991 was found. The task of the research was to find those sources about air temperature at RLGS, which would allow us to fill in the gaps during the night hours when, unfortunately, observers did not make measurements.

**Problems of further research.** In comparison with the method adopted in Ukraine for processing weekly thermograph tapes, in this study, it is proposed to correct the air temperature value during their processing, compensating for accelerated or slowed rotation of the weekly thermograph drum. It is suggested to use only those dry bulb measurements carried out on days with cloudy or rainy weather.

**The purpose.** The main goal was to find an algorithm for processing weekly thermograph tapes under the conditions of a partial absence of temperature measurements using a dry thermometer by an observer to fill in the gaps regarding night air temperature data.

**Research methods.** The air temperature values falling during the measurement period were read from the thermograph tapes, and an electronic table was formed. The temperature values (difference estimation) were compared with the corresponding ones recorded in the "Books" of KM-1. At the same time, it was necessary to make two new corrections. The first correction will be made along the ordinate axis, changing the value of the temperature recorded by the thermograph compared to the values of the temperature measured by the dry thermometer. The second correction was made along the abscissa axis, compensating for the drum's slowed down or accelerated rotation.

**Presentation of the main research material.** A brief description of the proposed algorithm for thermograph tape processing is as follows. In the spreadsheet, in separate columns, we record the temperature values during the observation periods: a) by dry thermometer and b) by thermograph at the points corresponding to the observation periods. Subtracting columns (a) and (b) values, we determine those dry bulb temperature values suitable for calculating corrections. We reject too significant differences that occur during rapid temperature changes. Next, we look for points on the thermograph tape that serve as time benchmarks (the starting and ending points of the temperature curve and the places where the observer draws vertical lines). These temperature values will form column (c). It will additionally include the temperature values obtained by reading the temperature from the tape for rainy and/or overcast days for points whose localization is corrected for time. The difference between column (a) and column (c) will give the temperature correction for several observation periods on each weekly strip taken separately. The last step is the linear interpolation of temperature corrections between neighbouring points of intermediate observation periods.

**Practical value.** The proposed algorithm may help eliminate gaps in temperature data at other observation points, where the thermograph served as a backup device for recording air temperature.

**Research results.** The measurements that fall on rainy and overcast weather are best suited for calculating thermograph corrections when air temperature changes slow down. It is necessary to identify benchmark points of time fixation, to which the observer must add the moments of putting on and removing the tape from the drum.

**Keywords:** air temperature, thermograph, weekly form, dry psychrometric thermometer, correction, database.

### References

1. Vinichuk, M. M. (2019) "Meteorology and climatology": Practicum. <http://eztuir.ztu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7941/2/Bini%20chuk.pdf> [in Ukrainian]
2. Osadchyi, V. I., Skrynyk, O. A., Sidenko, V. P., Boichuk, D. O., Oshurok, D. O., & Skrynyk O. Y. (2018). Homogenized database of long monthly mean air temperature time series. *Geoinformatika*, 1 (65), 3–17. <http://www.geology.com.ua/wp-content/uploads/2021/06/Osadchiv.pdf> [in Ukrainian]
3. Long-term environmental observations: experience, problems and perspectives. *Proceedings of the international workshop dedicated to the 75th anniversary of prof. Bohdan Mukha, and 50th anniversary of establishment of the Roztochia Landscape-Geophysical Station of Ivan Franko National University of Lviv Lviv – Bryukhovychi, May 10-12, 2019. Ivan Franko National University of Lviv.* [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/Seminar\\_Zbirnyk\\_2019.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/Seminar_Zbirnyk_2019.pdf) [in Ukrainian]
4. Babichenko, V. M. & Zuzuk, F. V. (Eds.). (1998) *The climate of Lviv.* [in Ukrainian]
5. Mukha, B. P. (1980) *The Roztochia Landscape-Geophysical Station.* *Journal of the Lviv University. Series Geography*, 12, 80–84. [in Ukrainian]

6. Mukha, B. *Department of Physical Geography at Ivan Franko National University of Lviv (1944–2004). History and Personalia. Collection (2004) Publishing centre at Ivan Franko Lviv National University.* [in Ukrainian]
7. Mukha, B. P. & Ruda, O. M. (2009) *Microclimatic conditions of the Southern Roztochia Dubrovtsky Landscape. Journal of the Lviv University. Series Geography, 37, 129–135.* [in Ukrainian]
8. Mukcha, B. P. (2010) *The Roztochia Landscape–Geophysical Station: formation, development, scientific assets. Publishing centre at Ivan Franko Lviv National University.* <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/02/монографія-РЛГС.pdf> [in Ukrainian]
9. Mukha, B. (2010) *Topothermal conditions of the territory of Lviv. Journal of the Lviv University. Series Geography, 38, 221–237.* [in Ukrainian]
10. *Instructions for hydrometeorological stations and posts. Meteorological observations at stations (2011). Issue 3. Part 1. State Hydrometeorological Service.* <http://www.cgo-sreznovskyi.kyiv.ua/images/PraciSpivrobitnikiv/mastanovy-3.pdf> [in Ukrainian]
11. *Instructions for hydrometeorological stations and posts. Materials of meteorological observations processing (2018). Issue 3. Part 2. State Hydrometeorological Service.* <http://ndr.dsns.gov.ua/wp-content/uploads/delightful-downloads/2018/07/Основна-част-3.pdf> [in Ukrainian]
12. Skrynyk, O. A. & Skrynyk, O. Y. (2011) *Complementing of missing data in meteorological time series. Scientific Works of The Ukrainian Scientific and Research Hydrometeorological Institute, 260, 46–53.* [https://uhmi.org.ua/pub/np/260/Skrynyk\\_260.pdf](https://uhmi.org.ua/pub/np/260/Skrynyk_260.pdf) [in Ukrainian]
13. Yavorskyy, B., & Chepurko, V. (2022) *Investigation of RLGs thermograph records as a back-up source of air temperature data. The XXIII-st student scientific conference “Realities, problems and perspectives of geography, ecology, tourism and hospitality sphere development in Ukraine” [Conference presentation abstract] Ivan Franko National University of Lviv, 58–62.* [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/11/2022\\_Stud-konf23-Realivypersp.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/11/2022_Stud-konf23-Realivypersp.pdf) [in Ukrainian]
14. Lompar, M., Lalić B., Dekić L., & Petrić M. (2019). *Filling Gaps in Hourly Air Temperature Data Using Debaised ERA5 Data. Atmosphere, 10(1):13.* <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/1/13>. <https://doi.org/10.3390/atmos10010013>
15. *Guide to Instruments and Methods of Observation. Volume I–Measurement of Meteorological Variables (2021). World Meteorological Organization, 8, 114–116.* [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11612](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11612)
16. *Guidelines on Surface Station Data Quality Control and Quality Assurance for Climate Applications (2021) World Meteorological Organization, 1269, 4.* [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11019](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11019)
17. Awe, S. O., Mahony, M., Michaud, E., Murphy, C., Noone, S. J., Venema, V. K. C., Thorne, T. G., & Thorne, P. W. (2022). *Insights from 20 years of temperature parallel measurements in Mauritius around the turn of the 20th century. Climate of the Past, 18, 793–820.* <https://cp.copernicus.org/articles/18/793/2022/cp-18-793-2022.pdf>  
<https://doi.org/10.5194/cp-18-793-2022>
18. Kaszewski, B.M., Siwek, K., Gluza, A., & Shuber, P. (2015). *Klimat. In Grabowski T., Harasimiuk M., Kaszewski B. M., Kravchuk Y., Lorens B., Michalczyk Z., & Shablii O. (Eds.) Roztochia. Nature and man (pp. 123–135). Roztochia National Park.*
19. Mucha B. (2006). *The Roztochia Field Station of the Faculty of Geography of the University of Lviv in Southern Roztochia investigations. Regional Ecological and Landscape Studies. Problems of Landscape Ecology, 16, 283–295.*
20. Available at: <https://www.ventusky.com/?p=49.839;24.061;10&l=temperature-2m>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

Received 14 December 2022

Accepted 7 May 2023