

УДК 551.5+51.584

## ТОПОКЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТАНЦІЙ ВЗДОВЖ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ДОРОГИ ЛЬВІВ–МУКАЧЕВО

Богдан Муха, Ольга Шегда, Оксана Родич

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. П. Дорошенка, 41, 79007, м. Львів, Україна,  
e-mail: b.mukha@gmail.com*

Наведено результати трирічних топокліматичних цілодобових вимірювань температурних параметрів при станціях залізниці Львів–Мукачево для з'ясування температурного впливу на трансформацію залізничних рейок і полотна дороги як чинників активізації деформаційних і руйнівних процесів залізничного полотна й насипу під полотном. У першому наближенні виявлено добові й сезонні коливання температури повітря на різних локалітетах уздовж дороги. Обчислено, що залізниця працює в умовах діапазону температури повітря і рейок від  $-35^{\circ}\text{C}$  до  $+65^{\circ}\text{C}$ . Максимальні амплітуди температури можуть формуватися на станціях Передкарпаття в умовах застою і локальної трансформації малорухомих повітряних мас, що може спричинити найбільші зміни в цьому регіоні порівняно з усією трасою дороги, тому ця ділянка дороги потребує ретельнішого огляду і виконання належних робіт зі стабілізації надійності та безпечності дороги.

*Ключові слова:* залізнична дорога, топоклімат, лінійне теплове розширення сталі, цілодобова реєстрація, температурний діапазон, процеси трансформації.

Залізниця Львів–Мукачево є основною в регіоні для перевезення пасажирів робітничої маятникової міграції, рекреантів літніх та зимових видів відпочинку, а також побутових мігрантів обласного, міжобласного державного та міждержавного сполучення в усі пори року. Дорога прокладена в умовах рівнин Передкарпаття і Закарпаття, через гірський перевал на висоті понад 900 м, у тунелях, по високих віадуках над глибокими річковими долинами, по схилах гір, у тому числі по гравітаційно нестійких схилах, а тому є географічно різноманітною і повинна бути безпечною та пізнавально цікавою.

Топокліматичні особливості в цих географічних умовах дуже мінливі, часто контрастні і, звичайно, мають свій вплив на стійкість полотна дороги. Їхній вплив може виявлятися через руйнування залізниці внаслідок частого видовження чи скорочення рейок, на що впливає коефіцієнт лінійного розширення рейкової сталі за умови зміни температури рейок [1–3]. Це може призвести до послаблення кріплення рейок і відривання їх від шпал чи розвитку на полотні дороги морозобійних, деформаційних та гравітаційних процесів. Усе це потребує постійного нагляду за станом дороги.

Наше дослідження топокліматичних особливостей траси дороги покликане глибше зрозуміти ситуацію та виявити відтинки траси зі специфічними топокліматичними впливами, що необхідне для запобігання небажаним явищам на полотні та трасі залізничної дороги. Важливими є також удосконалення методики та орієнтованості подібних досліджень.

У запропонованому нами ракурсі раніше цю територію не вивчали. Короткочасні експедиційні метеорологічні дослідження в цьому регіоні на хребтах<sup>1</sup> провела група спеціалістів Українського Гідрометеоінституту [2].

Топокліматичні дослідження в попередній період не проводили з огляду на складність і потребу багатьох кваліфікованих людей, оскільки їх треба було вести практично безперервно протягом усіх пір року вдень і вночі синхронно в усіх пунктах з належною точністю [4]. Усі ці проблеми виявилось можливим вирішити за умови застосування автоматичних автономних електронних реєстраційних приладів.

В Україні такі прилади не виробляють. Ми отримали можливість працювати з найсучаснішими реєстраторами TGU-1500 і TGU-4500 як спадок після виконання спільних досліджень в українсько-німецьких проектах “Дністер” та IWAS. Ці прилади дуже зручні, точні, а головне – здатні замінити багато людей і, незважаючи на їхню дороговизну, здешевити дослідження. Придбати їх нам допоміг Дрезденський технологічний інститут<sup>2</sup>.

Розмір реєстратора TGU – 5×7 см, маса – 50 г, а ємність пам’яті дає змогу записати 6 048 значень відліків, до яких входять повна дата, час з точністю до секунди та кілька обраних параметрів. У наших дослідженнях прилади були запрограмовані на записування параметрів температури і вологості повітря в момент відліку, середню, максимальну і мінімальну температури повітря між термінами відліків, середню вологість повітря між термінами відліків. Інтервал між відліками у першій серії спостережень становив 30 хв, а на другому етапі (після перепрограмування), починаючи з 0 год 00 хв, збільшений до 60 хв для довшого терміну вимірювання. Тривалість двох етапів вимірювання – п’ять і десять місяців, що дало змогу виконати вимірювання за час від весни 2014 р. до жовтня 2016 р., тобто охопити всі пори року. Особливо важливий є період зимових місяців, які для інших методів є важкодоступними або неможливими.

Зчитані з пам’яті реєстраторів ряди даних ми імпортували в електронні таблиці програми Excel для опрацювання. Генеральна сукупність даних за перший етап роботи становила 50,4 тис. значень параметрів.

Опрацювання рядів отриманих даних виконано з обчисленням осереднень для різних часових відрізків (пір року, сезонів, місяців, погоди), потрібних для побудови графіків динаміки параметрів, порівняльних міжпунктових регресій, інших залежностей. Також ми виконали картометричні вимірювання на картах масштабу 1:100 000 задля створення профілю рельєфу вздовж траси дослідження та прив’язку до карти пунктів інсталяції реєстраторів за допомогою GPS-приладів. За відомою складністю профілю траси залізничної дороги, ми мали намір виявити залежність вимірюваних параметрів від абсолютної висоти, належності до макро-, та мезосхилів з різними соляними й вітровими експозиціями. З огляду на піонерність цих досліджень, ми сподівались також виявити висотні пояси і температурні інверсії, залежності від рослинного покриву обраних для досліджень ландшафтних одиниць (локалітетів), від топоклімату, що частково оправдалось.

Однак зазначимо, що погодні умови 2014–2016 рр. не вирізнялися великими температурними контрастами і по місяцях, і по локалітетах. Винятковою була лише температура спекотного серпня 2014 р., коли у Львові на привокзальній площі зареєстровано

<sup>1</sup> Натомість залізниці прокладені в долинах.

<sup>2</sup> За нашими даними, в Україні таких приладів не має жодна інституція.

температуру повітря на висоті 4 м над замощеною каменем поверхнею аж 41,5 °С. Важливими чинниками такого факту стали скупченість транспорту на автобусній станції та захищеність від повітряних протягів навколишніми будинками й деревами.

На інших станціях, не захищених від обміну повітрям з навколишніми територіями, у цей же час було 29–37 °С.

Здивувала також подібність температурних умов у Скотарському та Воловці, який розташований набагато нижче і ближче до теплих рівнин Закарпаття. Тепло у Скотарському забезпечила захищеність від холодних вітрів з півночі хребтом Бескидів та південною експозицією більшості схилів (рис. 1).

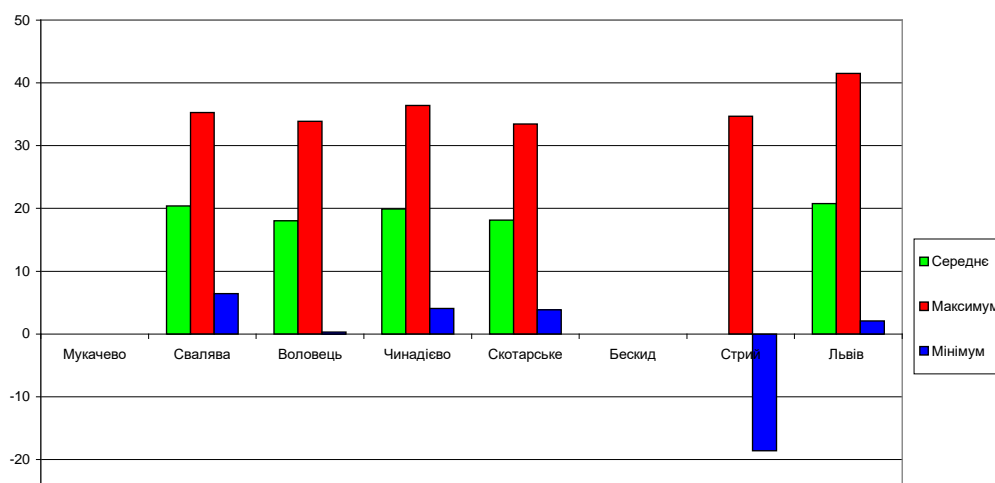


Рис. 1. Середні та екстремальні температури повітря на станціях залізниці Львів–Мукачево за 2014–2015 рр.

Fig. 1. The average and extreme air temperatures at railway stations Lviv–Mukachevo in 2014–2015

Зокрема, протягом загалом теплої зими 2015–2016 рр. найхолодніше було на станції Бескид, яка розташована гіпсометрично найвище і відкрита до всіх вітрів. Наявні там часті зміни температури пояснюють також температурними інверсіями, властивими пригребневим поверхням тих хребтів, що розділяють макроекспозиційні сектори Українських Карпат (див. рис. 2). З рис. 2 також бачимо, що станції Закарпаття загалом виразно тепліші від передкарпатських, за винятком станції Стрий, яка зазнає впливу контрастів атмосферних мас, що стримуються тут перед бар'єром Карпат<sup>3</sup>. Затримуючись тут деякий час, повітряна маса може радіаційно вихолоджуватись (див. рис. 1), який показує найнижчу температуру повітря порівняно з іншими станціями саме в Стрию.

За даними Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару, температура поверхні сухого суглинкового ґрунту в жаркі дні може досягати 60 °С і більше. Отже, для розрахунку залізничниками зміни довжини рейок унаслідок зміни температури в коефіцієнтах температурного розширення рейкової сталі треба враховувати ймовірний діапазон

<sup>3</sup> Температурні показники для станції Стрий наведені за даними спостережень Карпатської гідрометеообсерваторії, що у м. Стрий.

від -30 до +65 °С. Такі морози у нас бувають дуже зрідка, проте в умовах жаркого літа на сонячних експозиціях температура рейок може досягати 65 °С і більше. З огляду на це вважаємо, що розрахунок деформацій рейок залізниці за умови зміни температури треба розраховувати з врахуванням коефіцієнта теплового розширення для рейкової сталі в межах діапазону від -35 до +65 °С, тобто амплітуда зміни температури може досягати 100 °С. У разі врахування коефіцієнта температурного лінійного розширення сталі 0,00011 на 1 °С можна вважати, що амплітуда деформації рейки довжиною 10 м досягне максимально 5 см, на що треба зважати, закладаючи щілини стиків рейок і можливості люфту для бокової деформації в кріпленнях рейок до шпал.

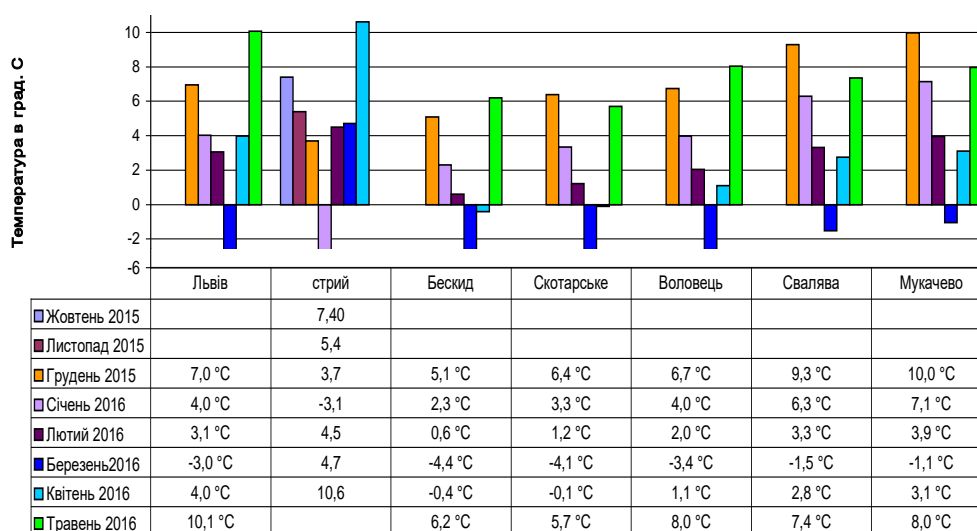


Рис. 2. Середньомісячні температури повітря на станціях залізниці Львів–Мукачево протягом холодного періоду 2015–2016 рр.

Fig. 2. The average monthly air temperatures at railway stations Lviv-Mukachevo during the cold period of the year in 2015–2016

Загалом кліматичні умови експлуатації залізної дороги на дистанції Львів–Мукачево досить лагідні в всі пори року. Щоб верифікувати таке твердження, ми виміряли температуру повітря вздовж шосейної дороги Мукачево–Львів у середині червневого дня з жаркою погодою. Автомобільна дорога також має транскарпатське простягання, пролягає через невисокі перевали, схили хребтів і долини рік, що бачимо з рис. 3, складеного на підставі ГПС вимірювання вздовж маршруту.

Отже, за досліджуваний період, який тривав усього три неповні роки, середньомісячні температури не виявили великих амплітуд коливань. Проте усвідомлюємо, що деформації рейок більше залежать не від середньомісячних показників, а від короткочасних значень температури повітря і ґрунту, які формуються залежно від особливостей місця, кута падіння сонячних променів, швидкості вітру, вологості ґрунту та багатьох інших чинників. З огляду на це інженерні розрахунки температурних деформацій полотна дороги треба виконувати з широкими допусками і перевищеннями відомих найбільших амплітуд коливань температури повітря і ґрунту. Компенсацію зміни довжини

рейок зі зміною їхньої температури можна закласти в розмір стиків між рейками згідно з інженерними розрахунками.

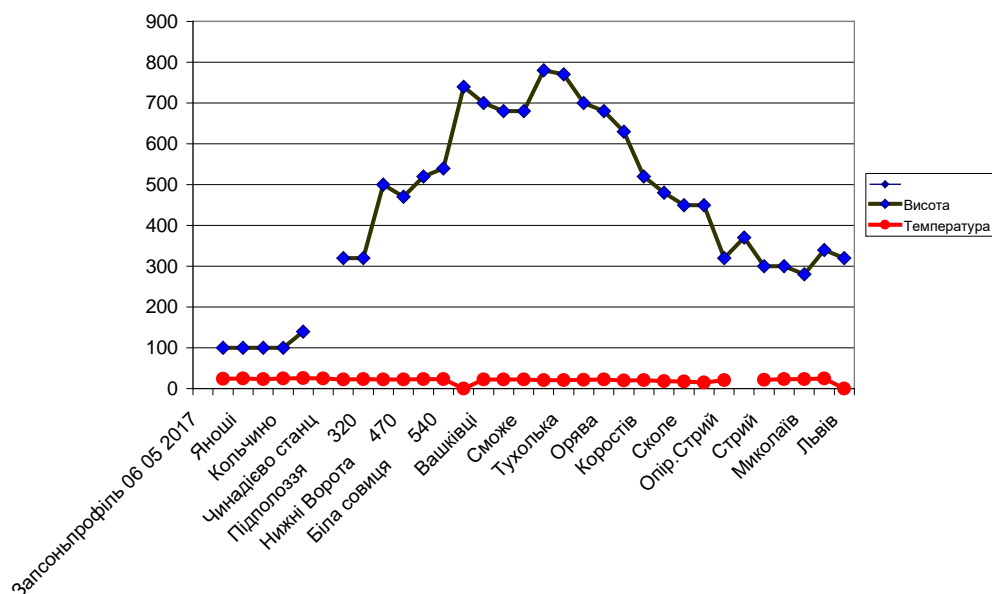


Рис. 3. Профіль рельєфу та температури повітря вздовж автомобільної дороги Мукачево–Львів у середині дня 06.05.2017 р. з дуже теплою погодою  
Fig. 3. Relief profile and air temperatures along the road Mukachevo–Lviv in the middle of the day May 06, 2015 with very warm weather

Як бачимо з рис. 3, температура повітря в день автомобільної поїздки, коли над Українськими Карпатами панувала тепла і волога повітряна маса, у Закарпатті й Передкарпатті становила 23–26 °С і тільки на перевалах (висотою близько 800 м) та з переходом на північну макроекспозицію зафіксовано зниження температури до 22 °С навіть у середині дня та у Львові з наближенням вечора. Тобто провідну роль у формуванні поля температури в регіоні має повітряна маса, а абсолютна висота та експозиційні особливості дещо урізноманітнюють ситуацію в конкретному місцеположенні.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сапожникова С. А. Микроклимат и местный климат. Л. : Гидрометеиздат, 1950. 241 с.
2. Смит К. Основы прикладной метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 423 с.
3. Тепловой и водный режим Украинских Карпат / под. ред. Л. И. Сакали. Л. : Гидрометеиздат, 1985. 365 с.
4. Хандожко Л. А. Метеорологическое обеспечения народного хозяйства. Л. : Гидрометеиздат, 1981. 231 с.

## REFERENCES

1. Sapozhnikova, S. A. (1950). *Mikroklimat i mestnyj klimat*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 241 p. (in Russian).
2. Smit, K. (1978). *Osnovy prikladnoj meteorologii*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 423 p. (in Russian).
3. Sakali, L. I. (Ed.). (1985). *Teplovoj i vodnyj rezhim Ukrainskih Karpat*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 365 p. (in Russian).
4. Handozhko, L. A. (1981). *Meteorologicheskoe obespechenija narodnogo hozjajstva*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 231 p. (in Russian).

*Стаття: надійшла до редакції 15.07.2017  
доопрацьована 19.10.2017  
прийнята до друку 11.01.2018*

**TOPOCLIMATIC FEATURES ALONG THE RAILWAY STATIONS  
LVIV–MUKACHEVO****Bohdan Mukha, Olga Shegda, Oksana Rodych**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
P. Doroshenko St., 41, UA – 79007 Lviv, Ukraine,  
e-mail: b.mukha@gmail.com*

The work represents the results of three-year twenty-four-hour topoclimatic measurements of temperature options at Lviv–Mukachevo railway stations in order to clarify the influence of temperatures on rails transformation, the road and the railway embankments as factors of activating deformation and destructive processes.

In the first approximation, daily and seasonal fluctuations of temperatures at different localities of the railway were clarified. It was calculated that the railway works in terms of range of the temperatures and rails from minus 35 to 65°C.

The maximum amplitude of temperatures can be formed at the Precarpathians in conditions of stagnation and local transformation of sedentary air masses that can cause the greatest changes in the region compared to the whole railway.

That is why this section of the railway requires more careful examination and proper execution of work in stabilization of road safety.

*Key words:* the railway, topoclimate, linear thermal expansion of steel, twenty-four-hour registration, temperatures range, processes of transformation.