ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ ТА ГЕОМОРФОЛОГІЯ
2019, Вип. 94 (2), 38–44
https://doi.org/10.17721/phgg.2019.2.05

Використання інформації відкритих баз метеоданих у дослідженнях новітніх кліматичних змін в західному регіоні України

Олександр Мкртчян

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Study of recent climate changes in the western region of Ukraine using information from open weather databases

Alexander Mkrtchian
Ivan Franko National University of Lviv, 41, Doroshenka st., Lviv, 79000, Ukraine

ABSTRACT
Studies of the regional manifestations of recent climate changes have a big practical importance for different scientific fields and applied purposes. Open databases of historical weather conditions can serve as a valuable source of information on recent climate changes for Ukrainian scientists with limited funds available. These data can be preprocessed, analyzed and plotted with open-source data processing software. ECAD and GHCN datasets have a plenty of uploadable weather data that can be processed with the free R software environment. ECAD has data for 39 Ukrainian weather stations, while GHCN database contains temperature and precipitation data for 190 Ukrainian weather stations, although with variable time span and completeness. Preprocessing of these data in R may involve creating special scripts to automatize and speed up the work. The data on daily temperatures and precipitation sums for three weather stations in Western Ukraine (Lviv, Chernivtsi, and Uzhhorod) were uploaded from GHCN dataset for the common period of 1960 – 2014 yrs. The completeness of temperature data was significantly higher (less than 0.16% dates omitted) than that of precipitation data (11 – 12% dates omitted). The date field was split to three separate fields for year, month and day, and weather data were summarized to obtain yearly average temperatures and precipitation sums. In addition, separate temperature averages and precipitation sums were calculated for each of four seasons by filtering data with appropriate month numbers. Linear and quadratic models were built on derived time series to detect possible trends. Coefficients of determination were calculated and analyzed for significance for linear and quadratic models. For significant linear trends, regression coefficients were calculated which characterize the rate of change average for the time period, while in case of significant quadratic trends theirs directions were determined. It was established that while average annual temperatures have significantly increased in each of the three analyzed locations, this increase was nearly twice as large in Chernivtsi than that in Uzhhorod. In Lviv, temperatures have increased the most in spring and winter, while in other two locations the summer increase was the largest. Summer temperatures were increasing with acceleration, which can be a warning sign. Autumn was the only season when temperatures did not increase significantly in any of the analyzed locations. Trends in precipitation amounts were much less salient: precipitation somewhat decreased in Chernivtsi in winter and spring, and somewhat increased in Lviv in spring.

KEYWORDS
Climate, temperature, precipitation, R, weather archive

1. Вступ

Аналіз часових змін кліматичних умов, їхній порівняльний просторовий аналіз, складання на його основі карт просторового розподілу кліматичних показників базуються на основі даних спостережень метеостанцій, які мають бути достовірними та достатньо повними для відповідності зазначеним цілям. Останніми роками у вільному доступі розміщено бази метеоданих, які можуть бути ефективно використані з цією метою. Їхньою перевагою з точки зору дослідників є економія значного часу на пошук та оцифровку даних, а також те, що такі дані вже пройшли попередню перевірку на предмет достовірності та наявних помилок. Ефективне використання таких даних, завантажених на відповідних веб-порталах, потребує врахування інформації про властивості цих даних: їхній формат, просторово-часове покриття, а також відповідних засобів їхньої попередньої обробки, узагальнення та аналізу.

Антропогенно зумовлене глобальне потепління наразі посідає провідне місце серед усіх глобальних екологічних проблем за привернутою до нього увагою з боку світової громадськості, науковців, політиків, засобів масової інформації, які наголошують на його вагомих негативних наслідках для всього людства та біосфери. В Україні, на відміну від більшості високорозвинутих країн, цій проблемі приділяють порівняно менше уваги, тож дослідження регіональних і локальних проявів глобальних кліматичних змін в окремих регіонах України мають велику актуальність та прикладне значення.

Хоча майбутні кліматичні зміни є предметом кількісного моделювання процесів енерго- та масообміну в географічній оболонці Землі, певне уявлення про тенденції регіональних змін клімату можна отримати на основі аналізу динаміки

© 2019 О. Мкртчян

кліматичних показників за новітній період часу. Такий аналіз можна здійснити використовуючи відкриті джерела кліматичних даних та інструменти їхньої математико-статистичної обробки та аналізу. В нашому дослідженні проаналізовано можливості використання відкритих баз кліматичних даних (ECAD, GHCN) та відкритого програмного середовища і мови програмування для статистичних обчислень та аналізу R у вивченні тенденцій новітніх змін клімату та їхніх регіональних особливостей, на прикладі західного регіону України. Наголос на відкритих даних та інструментах зроблений з огляду на обмежені фінансові можливості українських дослідників, що обмежує їхній доступ до комерційних даних та інструментів. В якості аналогічних досліджень можна згадати працю (Morreale et al., 2015), де за допомогою низки спеціалізованих програм проаналізовано дані з бази GHCN, з метою виявлення закономірностей формування небезпечних метеорологічних процесів (урагани, торнадо, снігові бурі) у штаті Нью-Джерсі.

2. Матеріали та методи

Насамперед, розглянемо особливості двох баз відкритих кліматичних даних. База даних ECAD, створена в рамках проекту Європейської мережі підтримки клімату (EUMETNET) містить гомогенізовані дані для понад 4000 метеостанцій Європи та Середземномор'я (http://www.ecad.eu). Дані для вивантаження доступні у форматі zip-архівів окремих кліматичних параметрів – добових мінімальних, середніх та максимальних температур, добових сум опадів, середньодобових значень атмосферного тиску, швидкості вітру, відносної вологості повітря тощо. Архіви складаються зі сукупності текстових файлів, кожен з яких містить часову серію для окремої метеостанції. Також доступні складені на основі цих даних просторові растри з роздільністю 0.25 градуси (датасет E-OBS).

База даних ECAD містить дані для 39 метеостанцій в межах України. Для метеостанцій України доступні дані про добові мінімальні, середні та максимальні температури, добові суми опадів та висоту снігового покриву. Кожний окремий файл архіву містить часовий ряд (з кроком 1 доба) відповідного параметру для окремої метеостанції. Структура файлу наступна: перші 20 рядків складає заголовок, починаючи з 21 рядка знаходиться таблиця у форматі csv (стовбці розділені комою). Перші два стовбці – ідентифікатори метеостанції та джерела даних, третій стовбець – дата, четвертий – значення метеорологічного параметру, п'ятий – код якості даних (0 – дані надійні, 1 – надійність даних сумнівна, 9 – дані відсутні).

Для обробки та узагальнення цих даних нами було створено спеціальний скрипт мовою програмування R, який зчитує дані з заданої послідовності файлів, ігноруючи перші 20 рядків заголовку, вилучає зайві стовбці, розбиває стовбець дати на три окремі стовбці (які містять день, місяць та рік) та поєднує стовбці значень метеорологічного параметру з різних файлів у один файл (Mkrtchian, 2016). Отриманий при цьому файл є таблицею, в якій рядки відповідають конкретним датам, а стовбці – метеостанціям. В подальшому за допомогою цього скрипта можна вилучити з таблиці рядки, для яких є відсутні дані хоча би для однієї з метеостанцій, та підрахувати місячні та річні середні (для температури) або суми (для опадів) значень для кожної метеостанції, із врахуванням неоднакових кількостей даних для різних місяців та різної кількості днів у місяцях року (Mkrtchian, 2016).

Більш повну інформацію для території України містить Глобальна мережа історичної кліматології (Global Historical Climatology Network, GHCN) – інтегрована база погодно-кліматичних даних, отриманих з понад 100000 наземних метеостанцій, розташованих у 180 країнах світу (https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/datasets). Ця база даних є продуктом компіляції та узагальнення даних з понад 25 джерел, які пройшли стандартну автоматизовану перевірку їхньої якості та достовірності (Menne et al., 2012). Часовий проміжок спостережень та кількість метеорологічних параметрів є різними

Таблиця 1. Характеристика наявних у базі даних GHCN даних щодо метеостанцій України.
Table 1. Availability of data on meteostations in Ukraine in the GHCN databases.

Властивість	Метеостанція
Містять дані для XIX ст.	Ай Петрі, Херсон, Миколаїв, Феодосія, Генічеськ, Умань, Сімферополь, Луганськ, Одеса, Полтава, Київ.
Містять сучасні дані (станом на січень 2019 р.)	Бориспіль, Маріуполь, Херсон, Ізюм, Кривий Ріг, Житомир, Конотоп, Рівне, Могилів Подільський, Володимир Волинський, Шепетівка, Харків, Хмельницький, Умань, Сімферополь, Кіровоград, Львів, Чернівці, Одеса, Полтава, Керч, Лубни, Вінниця, Київ, Ужгород.
Ряд спостережень охоплює 1961–2010 роки та його повнота за цей період перевищує > 80%.	Ай Петрі, Могилів Подільський, Володимир Волинський, Асканія Нова, Донецьк, Шепетівка, Феодосія, Генічеськ, Харків, Хмельницький, Дебальцеве, Умань, Сімферополь, Кіровоград, Львів, Чернівці, Одеса, Луганськ, Полтава, Керч, Лубни, Вінниця, Київ, Ужгород.

для різних станцій. Найстарші спостереження датуються 30-ми роками XIX ст., проте таких метеостанцій є порівняно небагато. Дані для низки метеостанцій містять інформацію про вітровий режим, хмарність, температуру ґрунту та деякі інші параметри, проте для більшості метеостанцій (в тому числі розташованих на території України) доступні дані про добові максимальну, мінімальну та середню температури, добову кількість опадів та висоту снігового покриву.

Дані не є гомогенізованими, тобто в них можливі артефакти (систематичні похибки), зумовлені змінами в методиці вимірювань, конструкції вимірювальних приладів, змінами в ландшафті околиць метеостанцій. Це слід враховувати насамперед при аналізі тривалих часових рядів даних та в просторовому аналізі, який охоплює територію різних країн. Дані можуть бути вивантажені в двох форматах: як текстовий файл для деякої окремої метеостанції, або ж як архів в форматі TAR, що містить дані для низки метеостанцій. Слід зазначити, що в останньому випадку існує обмеження у розмірі файлу – у 1000 станцій-років та в 1 Гб; отже, наприклад, вивантажити всі наявні дані для України одним файлом не вдасться. Для отримання даних слід сформувати запит на сайті, після чого протягом доби на електронну пошту надійде посилання на скачування відповідного файлу. Структура файлів є подібною до вищеописаної для бази даних ECAD; відмінностями є відсутність заголовку, можливість записати в один файл значення одразу кількох метеорологічних параметрів для окремої метеостанції (ці параметри записані в різні стовбці таблиці), відокремлення крапкою дня, місяця та року в стовбці дати. Ці відмінності слід враховувати при написанні скриптів, призначених для обробки та узагальнення даних.

Доступні дані для України включають 190 метеостанцій, при чому характеристики часових рядів для них суттєво відрізняються (див. табл. 1).

Як можна бачити з таблиці, повнота та тривалість рядів даних для метеостанцій України у цій базі даних наразі є невисокими. Ряди спостережень, які захоплюють кінець XIX ст. і є особливо цінними для реконструкції довготривалої динаміки клімату наявні лише для 11 метеостанцій в межах України, переважно у її південній та південно-східній частині. Лише для 25 метеостанцій України зазначена база даних містить найбільш актуальні погодні дані станом на січень 2019 р., важливі для аналізу найсучасніших тенденцій кліматичних змін. Особливу цінність також становлять безперервні ряди метеоданих, що охоплюють період 1961 – 2010 роки, адже згідно ухвалених сімнадцятим Всесвітнім метеорологічним конгресом змін у технічному регламенті, кліматологічні стандартні норми відтепер застосовуються до останнього 30-річного періоду, який завершується роком, що закінчується цифрою 0 (тобто до 2021 року – до періоду 1981 – 2010 рр.), тоді як період з 1961 до 1990 рр. збережено як стандартний опорний період для довготермінової оцінки змін клімату. Велике значення має й повнота (безперервність) ряду, адже наявні в цифрових архівах дані для більшості метеостанцій України містять пропуски, особливо характерні для періодів 2-ої світової війни та 1990-х років. Згідно аналізу опису бази даних GHCN, в межах України виявлено 24 метеостанції з рядом спостережень, який включає 1961–2010 рр. та повнота якого перевищує 80% (тобто пропуски складають менше 20% дат за цей період).

Для характеристики тенденцій новітніх кліматичних змін з бази даних GHCN було вивантажено дані трьох метеостанцій (Львів, Чернівці, Ужгород) за період 1960 – 2014 (включно) рр. Щоденні дані включали загалом 20089 спостережень середньодобової температури повітря та добової суми опадів. Критерієм обрання саме цих метеостанцій була порівняно висока повнота даних за зазначений період. Так, кількість відсутніх температурних даних складала: для метеостанції Львів – 33, Чернівці – 21, Ужгород – 16 (0,08 – 0,16% від усіх дат). Неповнота даних щодо сум опадів була більшою: відповідно, 2274, 2428 та 2395, або 11 – 12% від усіх дат зазначеного періоду.

Розбивка поля DATE на окремі поля, які містили число року та місяця дозволила розрахувати середньорічні значення температури та річні суми опадів за окремі роки, а також, обираючи дані за окремі місяці, виокремити динаміку цих показників за окремі сезони року впродовж 55 років.

3. Результати

Отримані середньорічні та середньосезонні (за кожний з 4-ох сезонів року) дані щодо середніх температур та сум опадів було проаналізовано методом побудови лінійної та квадратичної моделей, в яких незалежною змінною слугувало число року. Таким чином стало можливим виявити наявність або відсутність лінійного та квадратичного трендів у розподілі кліматичного параметра (за значеннями коефіцієнтів детермінації), в разі наявності лінійного тренду – розрахувати лінійний коефіцієнт, який показує середню зміну величини відповідного кліматичного параметра за один рік впродовж зазначеного періоду, в разі наявності квадратичного тренду – визначити його напрямок: висхідний (пришвидшення темпів зростання або сповільнення темпів зменшення параметра впродовж зазначеного періоду) чи низхідний (сповільнення темпів зростання або прискорення темпів зменшення параметра). Результати таких аналізів наведені у табл. 2 – 11.

Зазначимо, що обрахунок стандартних для статистичного аналізу рівнів значимості в

Таблиця 2. Показники тренду середньосезонної температури повітря за 1960 – 2014 рр., зима.
Table 2. Trend values of mean winter air temperature, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	0,04	0,08	0,09	не виявлений
Чернівці	0,04	0,06	0,09	не виявлений
Ужгород	0,032	0,11	0,09	не виявлений

Таблиця 3. Показники тренду середньосезонної температури повітря за 1960 – 2014 рр., весна.
Table 3. Trend values of mean spring air temperature, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	0,036	0,17	0,16	не виявлений
Чернівці	0,044	0,22	0,23	не виявлений
Ужгород	0,024	0,12	0,13	не виявлений

Таблиця 4. Показники тренду середньосезонної температури повітря за 1960 – 2014 рр., літо.
Table 4. Trend values of mean summer air temperature, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	0,032	0,23	0,38	висхідний
Чернівці	0,045	0,4	0,55	висхідний
Ужгород	0,041	0,34	0,47	висхідний

Таблиця 5. Показники тренду середньосезонної температури повітря за 1960 – 2014 рр., осінь
Table 5. Trend values of mean autumn air temperature, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	–	0	0,26	висхідний
Чернівці	–	0	0,14	висхідний
Ужгород	–	0	0,17	висхідний

Таблиця 6. Показники тренду середньорічної температури повітря за 1960 – 2014 рр.
Table 6. Trend values of mean annual air temperature, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	0,03	0,28	0,32	висхідний
Чернівці	0,034	0,33	0,36	висхідний
Ужгород	0,02	0,1	0,1	не виявлений

Таблиця 7. Показники тренду сезонної кількості опадів за 1960 – 2014 рр., зима.
Table 7. Trend values of mean winter precipitation rates, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	–	0,01	0	не виявлений
Чернівці	-0,78	0,06	0,05	не виявлений
Ужгород	–	0,02	0,04	не виявлений

Таблиця 8. Показники тренду сезонної кількості опадів за 1960 – 2014 рр., весна.
Table 8. Trend values of mean spring precipitation rates, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	0,789	0,04	0,03	не виявлений
Чернівці	-1,012	0,05	0,1	низхідний
Ужгород	–	0,02	0,05	не виявлений

Таблиця 9. Показники тренду сезонної кількості опадів за 1960 – 2014 рр., літо.
Table 9. Trend values of mean summer precipitation rates, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	–	0,01	0,03	не виявлений
Чернівці	–	0,02	0,04	не виявлений
Ужгород	–	0,01	0,03	не виявлений

Таблиця 10. Показники тренду сезонної кількості опадів за 1960 – 2014 рр., осінь.
Table 10. Trend values of mean autumn precipitation rates, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	–	0	0,02	не виявлений
Чернівці	–	0,02	0,04	не виявлений
Ужгород	–	0,05	0,02	не виявлений

Таблиця 11. Показники тренду річної кількості опадів за 1960 – 2014 рр.
Table 11. Trend values of mean annual precipitation rates, 1960-2014.

	Лінійна модель		Квадратична модель	
	Лінійний коефіцієнт	R^2 (відкоригований)	R^2 (відкоригований)	Тренд зміни
Львів	–	0,02	0,04	не виявлений
Чернівці	–	0,01	0,03	не виявлений
Ужгород	–	0,02	0,04	не виявлений

разі часових рядів суттєво ускладнений через виражену автокореляцію значень рядів. Тому достовірність лінійного та квадратичного трендів визначались за низкою суб'єктивних індикаторів. Так, в разі коли коефіцієнт детермінації лінійної моделі близький до 0, це свідчить про відсутність достовірного лінійного тренду зміни параметру; лінійний коефіцієнт у таких випадках не вказується. Тренд зміни (квадратичний тренд) виявляється в разі, коли відповідний коефіцієнт детермінації помітно більший від 0, а також помітно більший від коефіцієнту детермінації лінійної моделі; в такому випадку визначається напрямок тренду зміни. Програмне середовище R також місить інструменти візуалізації даних, які дозволяють будувати на основі даних різні види діаграм та графіків. В нашому випадку точкова діаграма, побудована за річними та сезонними даними, відображає особливості динаміки відповідного параметру (рис. 1).

4. Обговорення

Аналіз таблиць 2–11 дозволяє зробити низку висновків щодо тенденцій кліматичних змін за 1960 – 2014 роки у зазначених пунктах. В усіх трьох містах спостерігалось підвищення середньорічних температур повітря (табл. 6), причому найбільш помітне – у Чернівцях (1°C на 29,4 роки) та Львові (1°C на 33,3 роки) і дещо слабше – в Ужгороді (1°C на 50 років). При цьому у Чернівцях та Львові зростання середньорічних температур за зазначений період відбувалось із прискоренням (висхідний квадратичний тренд), тоді як для Ужгорода це прискорення не було підтверджене. Щодо сезонності температурних змін, у Чернівцях та Ужгороді найбільше зросли середні літні температури: темп зростання сягав 1°C на 22,2 роки та 1°C на 24,4 роки відповідно (див. рис. 1). При цьому в усіх трьох містах зростання літніх температур відбувалось із прискоренням. У Львові, натомість, дещо сильніше зросли весняні та зимові температури (1°C на 25 та 27,8 року). Дана закономірність в цілому узгоджується з

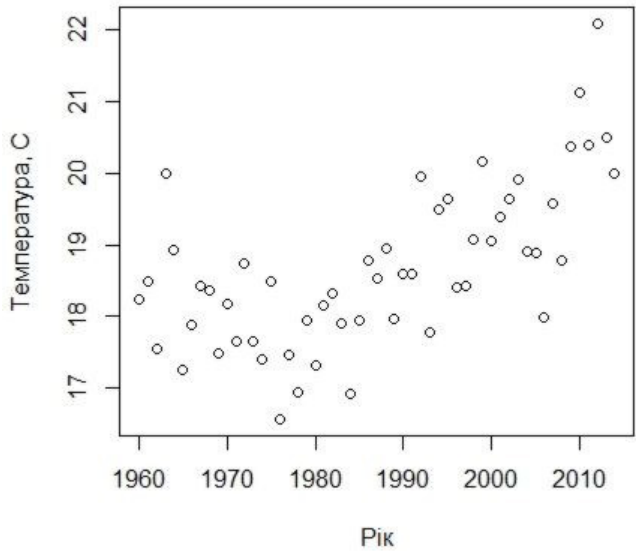

Рис. 1. Динаміка середніх температур літніх місяців за період 1960 – 2014 рр., метеостанція Чернівці.
Fig. 1. Changes in average temperature of summer months for 1960 – 2014, Chernivtsi weather station.

результатами нашого попереднього дослідження, яке показало, що для Львова найбільш помітне зростання температур за період 1944-2005 роки мало місце для перших п'яти місяців року (Мкртчян, 2010).

Цікавими є дані щодо змін температур в осінній період (табл. 5). Лінійна модель для усіх станцій, на відміну від інших сезонів року, показала відсутність зростаючого тренду. Проте, квадратична модель показала висхідний тренд зміни. Це означає, що в першу частину вказаного періоду осінні температури мали тенденцію до зниження, проте надалі вони почали зростати разом з температурами в інші сезони року.

Стосовно сум опадів (табл. 8–11), які і очікувалось, зміни у часі виявились менш вираженими. Зимою на станції Чернівці був зафіксований спадаючий тренд (скорочення суми опадів за зимові місяці в середньому на 0,78 мм/рік за зазначений період). Весною у ході опадів на метеостанції Чернівці цей тренд був ще більш помітним (зменшення на 1,012 мм/рік) і супроводжувався низхідним квадратичним трендом зміни, який вказує на посилення тенденції до зменшення весняних сум опадів. Водночас, у Львові для весняних місяців спостерігався позитивний тренд до зростання сум опадів на 0,789 мм/рік. Літом і восени для усіх трьох станцій лінійний і квадратичний тренди не були виявлені; це справедливо і стосовно тренду річної кількості опадів.

5. Висновки

Відкриті цифрові бази метеоданих є цінним джерелом кліматичних даних, узагальнення яких дає змогу точно охарактеризувати кліматичні умови, дозволяє створювати кліматичні поверхні шляхом просторової інтерполяції даних. Аналіз часових рядів, отриманих на основі таких даних, дозволяє виявити наявні тенденції кліматичних змін. Оскільки згадані бази даних містять дані для багатьох країн світу, включаючи сусідні з Україною, це (за умови гомогенізації даних) відкриває можливості для порівняльного кліматологічного аналізу, для більш точної інтерполяції і картування кліматичних параметрів у прикордонних регіонах України. Оскільки дані вже містяться в цифровій формі, їхній комп'ютерний аналіз не потребує кропіткої й трудомісткої роботи з оцифровки паперових джерел. Проте, такому аналізу має передувати попередня обробка та узагальнення даних, для чого можна використовувати спеціально створені програмні скрипти на кшталт згаданого вище. Щодо недоліків відкритих цифрових баз метеоданих, можна відмітити насамперед недостатню кількість кліматичних параметрів, інформацію щодо яких вони містять. Наразі в зазначених базах наявна лише інформація про максимальні, мінімальні та середні добові температури, добові кількості опадів та висоту снігового покриву. Проте, цієї інформації достатньо для багатьох прикладних цілей (агрокліматологія, гідрологічний аналіз, екологічне моделювання). Для багатьох метеостанцій України доступні дані лише за окремі часові проміжки, в рядах спостережень наявні значні пропуски. Відсутні дані метео- та гідропостів. В майбутньому можна очікувати збільшення повноти таких баз даних, їхнього доповнення, насамперед даними, отриманими шляхом аналізу супутникових спостережень. Отже, доцільне більш широке ознайомлення українських дослідників з потенціалом відкритих цифрових баз метеоданих, а також з інструментами їхньої обробки, узагальнення та аналізу.

Здійснений нами аналіз часових рядів спостережень за температурою повітря і кількостями опадів на трьох метеостанціях заходу України за період 1960 – 2014 рр. дав змогу виявити декілька цікавих тенденцій та закономірностей. Зокрема, виявлено, що ріст температур в зазначений період був характерний для весни, літа та зими, тоді як в осінні місяці він не простежується. Цей ріст неоднаково розподілений по сезонах року для різних метеостанцій; загалом найбільш інтенсивний ріст спостерігався в Чернівцях. Викликає певне занепокоєння висхідний тренд квадратичної моделі для літніх місяців, який показує пришвидшення темпів їхнього зростання. Це може виявлятись у почастішанні, збільшенні тривалості та інтенсивності хвиль спеки, які матимуть негативні наслідки для здоров'я і самопочуття населення, окремих галузей господарства, збільшуватимуть ризики лісових пожеж, тощо.

Тенденції змін кількостей опадів протягом 1960 – 2014 рр. виражені значно слабше і виявляються насамперед зменшенням їх кількостей в Чернівцях у зимовий і весняний періоди та збільшенням у Львові у весняні місяці.

Список посилань

Menne, M. J., Durre, I., Vose, R. S., Gleason, B. E., Houston, T. G. (2012). An overview of the Global Historical Climatology Network-Daily Database. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 29, 897-910.

Mkrtchian, A. (2016). Processing and geostatistical interpolation of data on annual precipitation for the meteostations of Western Ukraine. Problemy bezperervnoji geographichnoji nauky I kartografii [Problems of continuous geographical education and cartography] (Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. Зб. наук. праць), 23, 47-52.

Mkrtchian, A. (2016). Statystychnyj analiz riady sposterezhen' za seredniodobovoyu temperaturoju povitria u misti Lvovi [Statistical analysis of the series of observations on average daily temperature in the city of Lviv] (Мкртчян О. Статистичний аналіз ряду спостережень за середньодобовою температурою повітря у місті Львові). Stacionarni geographichni doslidzhennia: dosvid, problemy, perspektyvy

[Stationary geographic studies: experience, pronlems, perspectives] (Стаціонарні географічні дослідження: досвід, проблеми, перспективи: Мат-ли між нар. наук. семінару. Львів: ЛНУ імені Івана Франка). Lviv, 145-151.

Morreale, P., Goncalves, A., & Silva, C. (2015). Analysis and Visualization of Large-Scale Time Series Network Data. Modeling and Optimization in Science and Technologies: Springer, 211–229.

Мкртчян О. Б. В. **Використання інформації відкритих баз метеоданих у дослідженнях новітніх кліматичних змін в західному регіоні України.** *Фізична географія та геоморфологія*, 94 (2): 38–44.

Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. П. Дорошенка 41, Львів, 79000, Україна

Дослідження регіональних проявів новітніх кліматичних змін мають велике значення для різних галузей науки і різних прикладних сфер. Відкриті бази метеоданих є важливим джерелом даних про новітні зміни клімату, в особливості в Україні з огляду на обмежені фінансові можливості дослідників. Такі дані можуть бути оброблені та проаналізовані з використанням відкритого програмного забезпечення. В даній роботі використовувались дані з відкритих баз кліматичних даних ECAD та GHCN, які було проаналізовано інструментами програмного забезпечення R. База ECAD містить дані для 39 метеостанцій України, тоді як в базі GHCN містяться щодобові дані щодо температури повітря та кількостей опадів для 190 українських метеостанцій. Проте часовий період, за які наявні дані, та повнота даних (наявність пропусків) суттєво відрізняються для різних метеостанцій.

В роботі проаналізовано дані про середньодобові температури та добові кількості опадів для метеостанцій Львів, Чернівці та Ужгород, завантажені з архіву GHCN для періоду 1960 – 2014 років. Повнота даних про температуру була суттєво вищою (менш ніж 0,16% пропусків) порівняно з даними щодо кількостей опадів (11 – 12% пропусків). Поле дати а таблицях було розбите на три окремі поля для числа року, місяця та дня, що дозволило обрахувати середньорічні температури і річні кількості опадів. Окремо було обраховано середні температури та кількості опадів для кожного з 4-ох сезонів року.

За отриманими часовими серіями побудовано лінійні та квадратичні моделі, в яких незалежною змінною слугувало число року. Значимість лінійного та квадратичного трендів оцінювалась за значеннями відповідних коефіцієнтів детермінації. Для значимих лінійних трендів було обраховано коефіцієнти регресії, які характеризують середню за вказаний період швидкість зміни значень показника; також визначався напрямок значимих квадратичних трендів.

Було встановлено, що, в той час як середньорічні температури зросли у всіх трьох містах, в Чернівцях це зростання було майже вдвічі більшим, ніж в Ужгороді. У Львові найсильніше потепління спостерігалось навесні та взимку, тоді як в інших двох містах температури найбільше зросли улітку. Літні температури мали тенденцію до прискорення зростання, що викликає занепокоєння. Осінь була єдиним сезоном, для якого за зазначений період не зафіксовано помітного зростання температур для жодної з проаналізованих серій. Тренди змін кількостей опадів виражені значно слабше: ці кількості дещо зменшились зимою і навесні у Чернівцях, і дещо зросли у Львові навесні.

Ключові слова: клімат, температура, опади, R, архів метеоданих.