

# Радіаційні характеристики клімату Західної України: можливості ідентифікації змін

Дарія І. Холявчук 

Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

## Solar radiation characteristics of the climate of Western Ukraine: potential for identification of changes

Dariia I. Kholiavchuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 2, Kotsubynskiy st., Chernivtsi, 58012, Ukraine

### ABSTRACT

The study aims at identifying possibilities for identification of short-term climate changes using satellite observations. For these purposes, Surface Solar Radiation Data Set - Heliosat (SARAH-2) of the EUMETSAT agency is applied. Gridded monthly and annual data of surface solar radiation in the years 1983-2015 are used to detect regional radiation variability in Western Ukraine. The flat and mountainous territory of Western Ukraine is found an appropriate example to detect changes while being the topography complex surface where the radiation characteristics are transformed. Accordingly, here solar surface radiation serves an indicator of atmospheric circulation peculiarities. Spatial distribution of mean and trend characteristics is addressed. Results confirm the appropriateness of the satellite-based climate data record of the solar surface irradiance SARAH-2 to detect decadal variability of solar surface radiation. The trends are the most precise in the summer half of the year and the least – in the winter months over the mountain and high hilly terrains. Spatial distribution of radiation values witness not only of latitude and longitude nature patterns but of local and mesoclimatic peculiarities related to geometrical and physical features of surfaces. Even in the annual context, differences in the solar surface radiation over mountain ridges, mountain foothills with distinctive exposition, hilly terrains with altitudes over 300 m, and depression forms are distinguished. The trend plots are also suggested as the potential option to detect climate changes at regional and local levels. In the winter months, because of high albedo of snow surfaces and the data over mountain massifs with different slope surfaces, radiation values maybe overestimated. Accordingly, their further application should involve a reliability assessment. Insufficient spatial differences on the trend maps contribute to the future comparative study of areas with specific radiation features while using in situ actinometrical measurements.

### KEYWORDS

Solar surface radiation, satellite climatological data, linear trends, mountain and flat surfaces

## 1. Вступ

Ідентифікація кліматичних змін та можливостей адаптації до них передбачає з'ясування міри впливу та взаємовпливу основних кліматоутворювальних чинників. Визначальна роль радіаційного чинника у столітніх та десятилітніх змінах залишається дискусійною, зважаючи на циклічність інтенсивності сонячного випромінювання, що у глобальному масштабі не збігається з температурними змінами (Kovats et al., 2014; Parding et al., 2016; Urraca et al., 2017). Зокрема, в останній доповіді Міжурядової групи експертів з питань змін клімату (IPCC) зазначається, що природний радіаційний чинник вносить лише 0,1 Вт/м<sup>2</sup> потужності у кліматичні зміни, а антропогенний чинник – 2 Вт/м<sup>2</sup> (Myhre et al., 2013). Загалом випромінювальна потужність – ключова величина для оцінки кліматичних змін і внеску кліматоутворювальних чинників (Kovats et al., 2014). Тому для виявлення кліматичних змін радіаційного генезису використані значення інтенсивності сумарної сонячної радіації.

Хоча у глобальному масштабі динаміка радіаційних характеристик краще пояснена,

порівнюючи з іншими кліматичними параметрами, їхня мінливість в умовах помірної поясу визначає потребу в регіональному аналізі (Pfeifroth et al., 2018; Urraca et al., 2017). Окрім того, просторово-часовий розподіл радіаційних характеристик ускладнюється різноманіттям діяльних поверхонь, їхньої гіпсометрії та геометрії, що здатні перетворювати до 60% прихідної сонячної радіації. Вказані особливості, як і пріоритетність максимального використання геліоенергетичних ресурсів в Україні (Rybchenko and Savchuk, 2015), свідчать про актуальність даного дослідження.

Відповідно, мета дослідження передбачає виявлення мінливості радіаційних характеристик над височинними та гірськими поверхнями Західної України. Західна Україна у межах Західноукраїнського фізико-географічного краю та Карпатської гірської країни є оптимальним прикладом складної мозаїки діяльних поверхонь, що трансформують регіональну циркуляцію атмосфери, впливають на прозорість приземного шару атмосфери, а відповідно і на радіаційні характеристики. Тому в цьому регіоні кліматичні характеристики приземної сонячної радіації є не лише індикатором впливу одного кліматоутворювального чинника, але

й відображенням мезо- та мікрокліматичних трансформацій інтегрального потоку сонячної радіації та регіональної атмосферної циркуляції.

## 2. Матеріали та методи

Обмежена кількість станцій, що проводять наземні актинометричні спостереження ускладнює виявлення в рядах даних короткочасових змін, а тим паче мезо- та мікрокліматичних особливостей розподілу сонячної радіації над складно побудованими поверхнями. Зокрема, у регіоні тривалі актинометричні спостереження ведуться лише на чотирьох станціях: дві у Закарпатській області (Берегове і Міжгір'я), одна у Хмельницькій області (Нова Ушиця) і одна у Волинській області (Ковель).

Тому, альтернативно, для аналізу багаторічної динаміки сумарної приземної сонячної радіації використана база даних CMSAF (Satellite Application Facility on Climate Monitoring) Європейської організації супутникової метеорології EUMETSAT, що містить оброблені кліматичні дані дистанційного зондування із геостаціонарних супутників другого покоління Meteosat.

Зокрема, у дослідженні використовуються щомісячні дані з другої версії масиву даних Surface Solar Radiation Data Set–Heliosat (SARAH-2), до яких належать середні багаторічні показники приземної сумарної сонячної радіації (SIS), тривалості сонячного сяйва, альбедо, хмарності, визначених радіометрами MIVRI та SEVIRI у видимому діапазоні (Pfeifroth et al., 2018).

Гомогенізований та статистично оброблений комірковий масив даних SARAH з приземної сумарної сонячної радіації з просторовою реалізацією  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  доступний з 1983 р., що робить придатними такі ряди даних для кліматологічного опрацювання. Аналіз надійності цих даних вказує на найменші багаторічні відхилення ( $6,9\text{--}7,3$  Вт/м<sup>2</sup> над рівнинними поверхнями) від значень приземних спостережень за піранометром, порівняно з іншими джерелами супутникових даних (Pfeifroth et al., 2018). Окрім того, доступні первинні дані масиву SARAH-JRC та SARAH-2 з часовою періодичністю 15 хв та лагом у декілька днів, які можуть бути використані для метеорологічного моніторингу за браком наземних актинометричних спостережень (Pfeifroth et al., 2017).

У межах даного дослідження для визначення просторово-часового розподілу величин приземної сумарної сонячної радіації (SIS – shortwave incoming radiation) опрацьовано ряди даних за період 1983–2015 рр. у програмному середовищі R. Для виявлення закономірностей багаторічної динаміки побудовано просторові схеми лінійних трендів із статистичним рівнем значущості 95% для комірок із сторонами  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  у розрізі місяців, сезонів

і року в цілому.

Для виявлення короткочасних трендів рекомендовано використовувати проміжок часу між мінімумами 11-річних циклів сонячної активності, що нівелює вплив циклічних коливань (Myhre et al., 2013). Обраний початковий (1983) та кінцевий (2015) роки відповідають спаду 21-го та 24-го циклів сонячної активності (Fröhlich, 2009).

## 3. Результати та обговорення

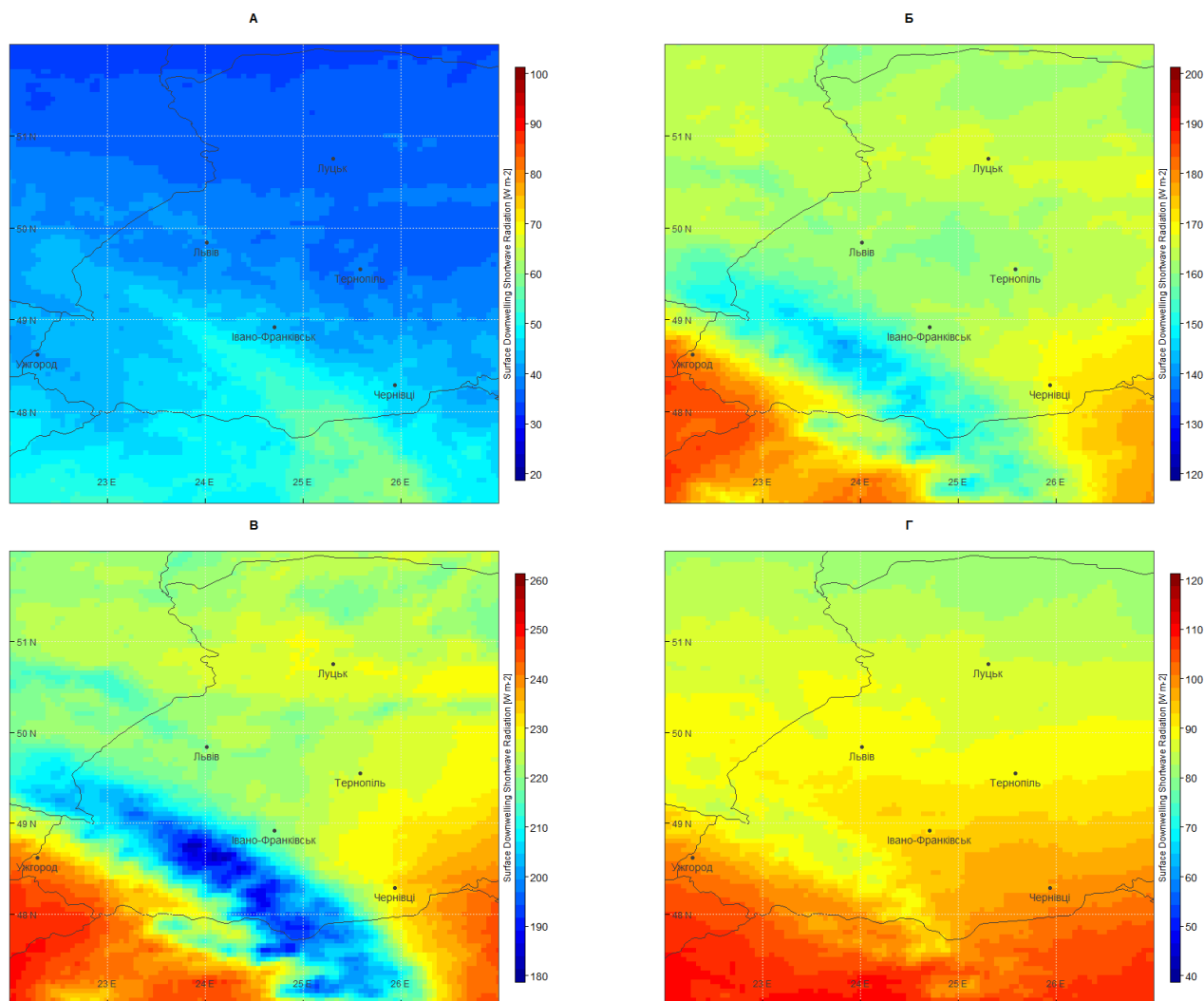
### 3.1. Місячні та сезонні радіаційні характеристики

Виразена сезонність – визначальна риса клімату помірно-континентальної області помірного кліматичного поясу. На теренах Західної України вона, передусім, виражена у відмінностях температурного режиму – стійкими переходами середньої добової температури повітря через  $0^\circ\text{C}$ ,  $+5^\circ\text{C}$ ,  $+10^\circ\text{C}$  та  $+15^\circ\text{C}$ , які, зазвичай, не збігаються з календарними порами року (Kynal et al., 2011). Картосхеми просторово-часового розподілу приземної сумарної сонячної радіації за дистанційними даними можна використовувати як відображення означених сезонних відмінностей. Такі особливості добре відстежуються через місячні і сезонні характеристики сонячної радіації.

Добре виражений широтний розподіл приземної сонячної радіації характерний для всіх зимових місяців і для березня (рис. 1). Така закономірність характерна загалом для України, що виражено у 60%-ій різниці значень між північчю та півднем України (Rybchenko and Revera, 2007). Натомість високі значення приземної сонячної радіації ( $50\text{--}60$  Вт/м<sup>2</sup>, що на  $10\text{--}20$  Вт/м<sup>2</sup> більше, ніж над рівнинними ділянками на цих широтах) спостерігаються у континентальніших південно-східних внутрішніх середньогір'ях Українських Карпат. Остання особливість потребує додаткового підтвердження, зважаючи на високі значення альбедо засніжених схилів, а відповідно і відбитої сонячної радіації. Найнижчі значення приземної сонячної радіації ( $13\text{--}20$  Вт/м<sup>2</sup>) спостерігаються на півночі Полісся у грудні з поступовим підвищенням до березня ( $90\text{--}130$  Вт/м<sup>2</sup>). Проте, уже в березні стають помітнішими відмінності у значеннях височинного та гірського типів клімату. Зокрема, у березні найнижчі значення ( $80\text{--}90$  Вт/м<sup>2</sup>) спостерігаються над найвищою центральною частиною Подільської височини, а найвищі – на південному заході Закарпатської низовини ( $120\text{--}130$  Вт/м<sup>2</sup>).

Упродовж весняних місяців відбувається швидке збільшення інтенсивності сумарної сонячної радіації, досягаючи найвищих середніх значень за сезон на півдні регіону в долині р. Тиса –  $190$  Вт/м<sup>2</sup> (рис. 1).

У травні спостерігаються максимальні значення за весну –  $230\text{--}235$  Вт/м<sup>2</sup> – характерні як для крайнього південного заходу Закарпаття, так і для сходу Прут-Дністерської рівнини. Така особливість



**Рис. 1.** Середні багаторічні сезонні значення інтенсивності сумарної сонячної радіації у Вт/м<sup>2</sup> (1983-2015): А – зима; Б – весна; В – літо; Г – осінь.

**Fig. 1.** Seasonal means of solar surface downwelling radiation (1983-2015), W/m<sup>2</sup>: А – winter; Б – spring; В – summer; Г – autumn.

свідчить про зростання впливу Карпатської гірської споруди і посилення західно-атлантичної циркуляції, що зазнає трансформації над гірським бар'єром.

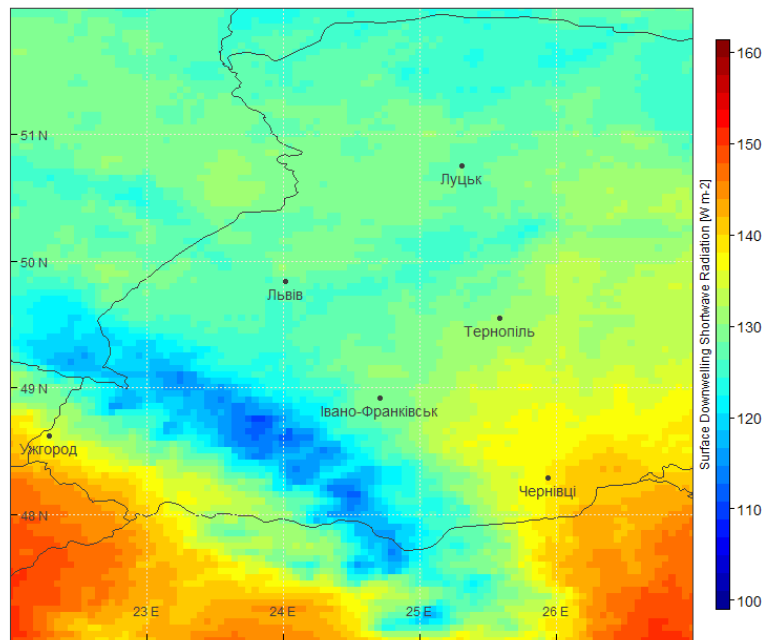
Травень за інтенсивністю та просторовим розподілом сонячної радіації схожий до літніх місяців, що простежується у чітких відмінностях клімату гірської, височинної та рівнинної частин регіону. У цей час мінімальні значення спостерігаються у середньо- та високогір'ях Карпат, що пов'язано з активізацією процесів хмароутворення та опадів, як і над найвищими кряжами рівнинної частини – Розточчя, Гологор, Кременецьких гір. Найвищі значення сумарної сонячної радіації протягом року астрономічно зумовлені в червні-липні (240-250 Вт/м<sup>2</sup>) у внутрішньоконтинентальній Закарпатській низовині та на континентальному південному сході Подільської височини. Подібний характер просторового розподілу сонячної радіації спостерігається упродовж відносно сухого

вересня та жовтня. У листопаді просторовий розподіл приземної сонячної радіації набуває рис зимових місяців.

Середні річні значення сумарної сонячної радіації коливаються у діапазоні 100-160 Вт/м<sup>2</sup> (рис. 2). Просторовий розподіл згладжений, порівняно з місяцями, проте помітним залишається вплив Карпат.

Відповідно, навіть середні річні значення сумарної сонячної радіації найвищі над Закарпатською низовиною – 150-160 Вт/м<sup>2</sup>, куди прямому проникненню вологих північноатлантичних повітряних мас перешкоджають Карпатські хребти, особливо у теплий період року, впливаючи на прозорість приземної атмосфери.

Такі ж високі значення (140-150 Вт/м<sup>2</sup>) характерні для південного сходу Прут-Дністерського межиріччя як прояв широтної зональності, секторної та позагірської континентальності (рис. 2). Вплив Карпат, що проявляється у зменшенні значень інтенсивності



**Рис. 2.** Середні річні значення інтенсивності сумарної сонячної радіації (1983-2015рр.), Вт/м<sup>2</sup>.  
**Fig. 2.** Annual means of solar surface downwelling radiation (1983-2015), W/m<sup>2</sup>.

сумарної сонячної радіації спостерігається на відстані 60-100 км від гірських хребтів. Цей вплив помітніший у Східному Передкарпатті. Нижчі середні річні значення, порівняно з навколишніми рівнинними просторами, також спостерігаються над Кременецькими горами, Розточчям, що може свідчити про визначальний вплив навіть невисоких масивів (300-400 м) на деформацію полів опадів та перерозподіл інсоляції на схилі поверхнях.

### 3.2. Трендові характеристики

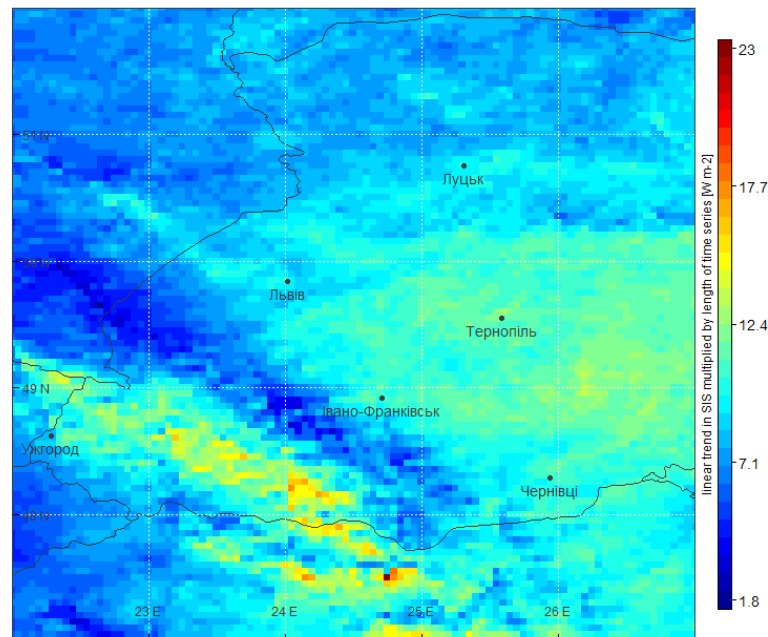
Для виявлення закономірностей часової мінливості приземної сумарної сонячної радіації, опрацьовано масив даних за період понад 30 років, що дає можливість оцінювати короткострокові зміни. Дослідження, проведені в Європі, свідчать про суттєву мінливість величини сумарної сонячної радіації упродовж останніх десятиліть (Pfeifroth et al., 2018). Проте, загалом на європейському континенті зафіксовано період «яскравішання» (підвищення інтенсивності) з початку 1980-х рр. з додатними величинами тренду (1,9-2,4 Вт/м<sup>2</sup> за десятиліття) (Fröhlich, 2009; Pfeifroth et al., 2018).

Ця тенденція відповідає отриманим результатам у досліджуваному регіоні, хоча в Західній Україні величини додатного тренду досягають подекуди вищих значень (8 Вт/м<sup>2</sup> за десятиліття) як можливий прояв континентальності (рис. 3). Тобто така загальна додатна тенденція підтверджує припущення про зміни, насамперед, у прозорості атмосфери, пов'язані з хмарністю та/або антропогенним ефектом викидів у атмосферу (Parding et al., 2016).

Статистично значуще зростання величин річної сумарної сонячної радіації впродовж 1983-2015 рр.

виявлено для більшої частини території Західної України, за винятком високогір'їв Українських Карпат. Відсутність статистично значущих трендів над високогірними ділянками може свідчити як про підвищену хмарність, підвищені значення альбедо в холодний період, так і недостатню точність даних дистанційного зондування через наявність схилів поверхонь різної крутизни. Остання причина згадується і у дослідженнях зарубіжних авторів (Pfeifroth et al., 2018). Найвищі значення трендів – 15-20 Вт/м<sup>2</sup> за весь досліджуваний період спостерігаються на південно-західному закарпатському низькогірному макросхилі Карпат, що пов'язано з його експозиційними татрисами. Крім того, відносно високі, порівнюючи з навколишніми рівнинними просторами, значеннями додатного тренду (10-15 Вт/м<sup>2</sup>) характерні для Подільської та Волинської височин.

У розрізі десятиліть виявлено найпомітніше збільшення інтенсивності сумарної сонячної радіації (10-15 Вт/м<sup>2</sup>) з 1983 до 1990 рр. Пізніше, до 2002 р. спостерігалось припинення росту величин, а подекуди і навіть зниження. Перше десятиліття XXI ст. також пов'язане з найбільшим ростом (із значеннями до 10 Вт/м<sup>2</sup> за десятиліття). Натомість останнє десятиліття відзначилося найнижчими значеннями додатних трендів сумарної сонячної радіації (до 5 Вт/м<sup>2</sup>). Такий часовий розподіл змін річної сумарної радіації більше узгоджується з ходом річних сум опадів, ніж середніх річних температур повітря (Kynal and Kholiavchuk, 2016). Тобто, можна припустити (потребує подальшого кореляційного підтвердження), що кліматологічні масиви супутникових даних із сумарної сонячної радіації можуть відображати і просторово-часові



**Рис. 3.** Річний лінійний тренд інтенсивності сумарної сонячної радіації, помножений на тривалість часових рядів (1983-2015), Вт/м<sup>2</sup>.  
**Fig. 3.** Annual linear trend in solar surface downwelling radiation multiplied by the length of time series (1983-2015), W/m<sup>2</sup>.

особливості зволоження регіону (Chiacchio and Vitolo, 2012).

Зважаючи на значну сезонну мінливість клімату помірних широт і режиму зволоження зокрема, розподіл сумарної сонячної радіації у розрізі місяців також пов'язаний з низкою особливостей у регіоні. Загалом, ці характерні риси ходу місячної сумарної радіації протягом року часто визначаються рівнем атмосферного зволоження упродовж місяця (сухий чи вологий) (Chiacchio and Vitolo, 2012). Ця особливість найвираженіша у розподілі значень трендів. Так, відсутність статистично значущих трендів у ході місячних сум сумарної сонячної радіації виявлена у місяці теплого періоду року з найбільшою кількістю опадів – липні та травні (рис. 4).

Водночас, у червні виявлено суттєве зростання місячних сум сумарної радіації (до 23 Вт/м<sup>2</sup>), що може свідчити, про те, що червень упродовж періоду дослідження став сухішим. Це підтверджується і попередніми авторськими дослідженнями змін характеристик зволоження (Kynal and Kholiavchuk, 2016; Cebulska and Kholiavchuk, 2018).

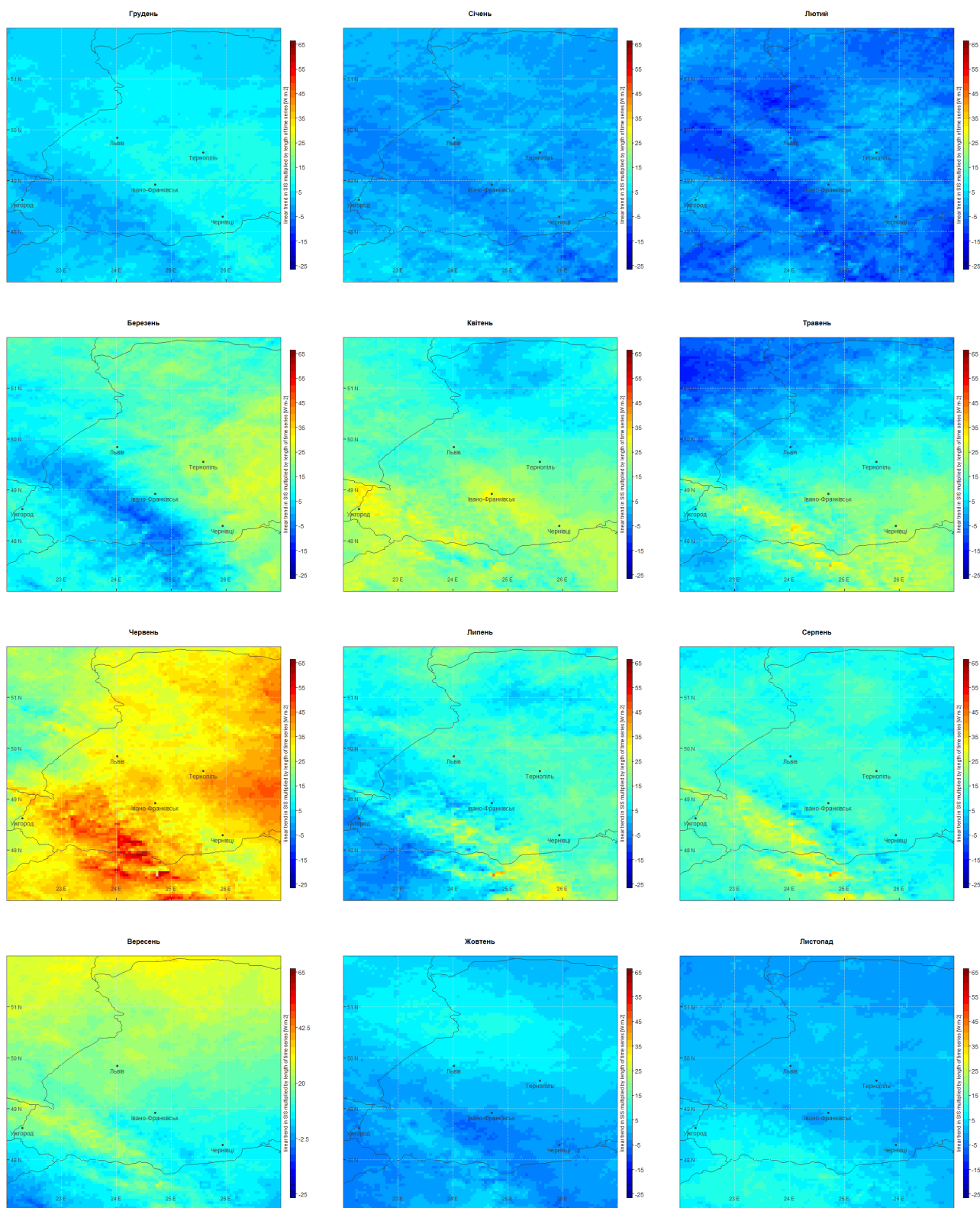
В інші місяці року суттєві зміни у ході сумарної сонячної радіації виявлені лише в окремих фізико-географічних областях та районах Західної України. Так, статистично значуща від'ємна тенденція виявлена у лютому у змінах інтенсивності сумарної сонячної радіації для високогір'я Карпат (-15–25 Вт/м<sup>2</sup>), додатна – у березні на Подільській височині (25–35 Вт/м<sup>2</sup>) та у квітні – на Закарпатській низовині (25–35 Вт/м<sup>2</sup>) і південно-східному Передкарпаття (20–30 Вт/м<sup>2</sup>). У зимові місяці виявлені мінімальні зміни сумарної сонячної радіації (5–10 Вт/м<sup>2</sup>), що типово для всього регіону.

Найнеоднозначніше у контексті часового розподілу сумарної сонячної радіації виглядають місяці перехідних сезонів весни та осені, де просторові особливості пов'язані або з широтним або довготним розподілом величин сумарної радіації. Тобто виразними тут стають або західні/східні частини досліджуваного регіону, як от у березні, або ж південні/північні, як от у квітні. Така специфіка може відображати як перебудовні сезонні процеси регіональної атмосферної циркуляції, так і експозиційно-висотний перерозподіл сумарної сонячної радіації за стійкої сезонної тенденції до потепління.

На думку автора, саме у динаміці, зокрема і радіаційного компоненту, можна виявити регіональні природні відмінності, які, проте не можна розглядати як чітко розмежовані простори, а швидше як області деформацій радіаційних характеристик. Картографічні моделі трендів для місяців, виконані в індивідуальних шкалах, дають змогу чіткіше виявити різноманітність кліматичних умов Західної України. З допомогою карт розподілу означених дистанційно отриманих характеристик можна виявити певні аномальні ділянки локального масштабу, проте пояснення причин таких мезо- і мікрокліматичних особливостей потребує окремого дослідження.

#### 4. Висновки

Отримані результати підтверджують придатність кліматологічних рядів супутникових даних CMSAF з сумарної сонячної радіації для виявлення кількадесятилітньої динаміки приземних радіаційних характеристик. Виявлено, що такі



**Рис. 4.** Тренди інтенсивності сумарної сонячної радіації у розрізі місяців, помножених на тривалість часових рядів (1983-2015) Вт/м<sup>2</sup>.  
**Fig. 4.** Monthly linear trends insolar surface downwelling radiation multiplied by the length of timeseries (1983-2015), W/m<sup>2</sup>.

кліматологічні дані можуть відображати не тільки широтно-довготні кліматичні закономірності, але й мезо- та мікрокліматичні особливості, пов’язані з характеристиками діяльних поверхонь. Навіть за річними показниками виявлено відмінності

у надходженні сумарної сонячної радіації над гірськими хребтами, передгір’ями різної експозиції, височинами вище 300 м, котловинними ділянками. Найвиразніше мезо- та мікрокліматичні відмінності в розподілі сумарної сонячної радіації

простежуються у теплий період року, коли максимально проявляються неоднорідності нагрівання різних діяльних поверхонь та виникнення місцевих циркуляцій. Розроблені картосхеми змін інтенсивності приземної радіації – потенційний засіб для виявлення кліматичних відмінностей різних просторово-часових масштабів.

Натомість у результаті аналізу часових рядів сумарної сонячної радіації у місяці холодного періоду року простежуються низькі середні значення сумарної сонячної радіації над Карпатами і височинами. Така специфіка може бути пов'язана із високими значеннями альbedo снігового покриву, даними для високогір'їв, наявністю схилених поверхонь різної крутизни. Тому використання даних місяців холодного періоду року у цих природних регіонах потребує додаткових досліджень на предмет їхньої надійності. Незначні просторові відмінності у картосхемах трендів місяців холодного періоду свідчать про потребу верифікації таких змін у ділянках з неоднорідним розподілом радіаційних характеристик, використовуючи дані наземних актинометричних станцій.

#### Список посилань

- Cebulska, M., Kholiavchuk, D. (2018). Atmospheric droughts in the Polish and Ukrainian Carpathians in the years 1984-2015. *Hydrology in natural and anthropogenic environments (Hydro2018)*. 4-7 September 2018, Kraków, Poland.
- Dmytrenko, L.V., Barandich, S.L. (2007). Otsinka klimatichnykh resursiv soniachnoi enerhii v Ukraini. *Naukovi pratsi Ukrainського naukovo-doslidnoho hidrometeorolohichnoho instytutu*, 256, 121-129 (In Ukrainian)
- Fröhlich, C., 2009: Evidence of a long-term trend in total solar irradiance. *Astron. Astrophys.*, 501, L27–L30, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/200912318>
- Kovats, R., Valentini, R. Bouwer, L.M, Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M., Soussana J.-F. (2014). Europe. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1267-1326.
- Kynal O., Kholiavchuk, D. (2016). Climate variability in the mountain river valleys of the Ukrainian Carpathians. *Quaternary International*, 415, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.053>
- Kynal, O., Krohulets, E., Hrushchynskiy, T. (2011). *Modeliuvannia pryrodnykh system. Kamianets-Podil'skyi: PP Moshynskiy V.S. Tom I. 156 s.* (In Ukrainian).
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. ... Zhang H. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Parding, K.M., Liepert, B.G., Hinkelman, L.M., Ackerman, T.P., Dagestad, K., Olseth, J.A. (2016). Influence of Synoptic Weather Patterns on Solar Irradiance Variability in Northern Europe. *J. Climate*, 29, 4229–4250, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0476.1>
- Pfeifroth, U., Kothe, S., Müller, R.; Trentmann, J., Hollmann, R., Fuchs, P., Werscheck, M. (2017). Surface Radiation Data Set - Heliosat (SARAH) - Edition 2, Satellite Application Facility on Climate Monitoring. [https://doi.org/10.5676/EUM\\_SAF\\_CM/SARAH/V002](https://doi.org/10.5676/EUM_SAF_CM/SARAH/V002).
- Pfeifroth, U., Sanchez-Lorenzo, A., Manara, V., Trentmann, J., Hollmann, R. (2018). Trends and variability of surface solar radiation in Europe based on surface- and satellite-based data records. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. doi:10.1002/2017jd027418
- Rybchenko, L., & Savchuk, S. (2015). Potensial helioenerhetychnykh klimatichnykh resursiv soniachnoi radiatsii v Ukraini. *Ukrainian Geographical Journal*, 4, 16-23. doi:10.15407/ugz2015.04.016. (In Ukrainian).
- Rybchenko, L., Revera, T. (2007). Sumarna soniachna radiatsiia ta albedo pidstylnoi poverkhni v Ukraini. *Naukovi pratsi Ukrainського naukovo-doslidnoho hidrometeorolohichnoho instytutu*, 256, 99-111 (In Ukrainian).
- Urraca, R., Gracia-Amillo, A. M., Koubli, E., Huld, T., Trentmann, J., Riihelä, A., ... Antonanzas-Torres, F. (2017). Extensive validation of CM SAF surface radiation products over Europe. *Remote Sensing of Environment*, 199, 171-186. doi:10.1016/j.rse.2017.07.013

Холявчук Д. І. **Радіаційні характеристики клімату Західної України: можливості ідентифікації змін. Фізична географія та геоморфологія, 94 (2): 45–51.**

Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича, вул. Коцюбинського 2, 58012, Чернівці, Україна

Визначено шляхи отримання первинних даних довгострокових спостережень за сонячною радіацією. Апробовано застосування даних супутникових знімків EUMETSAT для інтерпретації радіаційних режимів рівнинних та гірських кліматів Західної України. Підтверджено придатність кліматологічних рядів супутникових даних CMSAF з сумарної сонячної радіації для виявлення кількадесятилітньої динаміки приземних радіаційних характеристик. Використані кліматологічні супутникові дані відображають не лише широтно-довготні кліматичні закономірності, але й мезо- та мікрокліматичні особливості. Найвиразніше ці особливості через інтенсивність сумарної сонячної радіації простежуються у теплий період. Просторовий розподіл змін інтенсивності приземної радіації може слугувати основою для виявлення мезо- і мікрокліматичних відмінностей.

**Ключові слова:** сумарна сонячна радіація, супутникові дані, лінійні тренди, гірські та рівнинні ландшафти.