

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ ЗА ТРЬОМА БАЗАМИ ДАНИХ

*к.ф.-м.н. В. Гальчак, к.т.н. В. Сиротюк, к.т.н. С. Сиротюк,
С. Коробка*

Львівський національний аграрний університет

Аналіз проблеми. Для проектування сонячних енергетичних установок та розвитку сонячних технологій необхідні об'єктивні дані про закономірності надтодження сонячної енергії для конкретної території. Результати актинометричних спостережень в Україні за 1966-90 рр. узагальнені у двох фундаментальних виданнях [1, 2], а нових, які відобразили прогресуючі кліматичні зміни, поки що нема. Тому на практиці користуються або застарілими довідниковими даними, або звертаються до відомих міжнародних баз даних. Відтак виникає питання їх відповідності результатам наземних актинометричних вимірювань в Україні.

Огляд останніх досліджень і публікацій. У праці [4] проведена порівняно результати прямих актинометричних досліджень окремих складових сумарної радіації впродовж 1961–2010 рр. у Києві та Одесі з кліматологічною стандартною нормою 1961–1990 рр., але тільки для періоду сонячного полудня і ясного неба. Виявлені лише незначні хаотичні коливання відносно масштабу кліматичних змін природного походження. Міжнародні бази даних актинометричних величин пропонують розраховані значення для великих регіонів, розбитих на окремі ділянки у вигляді трапеції розміром $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. Як показано у публікації [5], знайдені за різними модельними наближеннями результати необхідно заздалегідь верифікувати з даними місцевих наземних актинометричних станцій, мережа яких не відповідає опорним, використаним під час моделювання.

Постановка завдання. Щоб обґрунтовано вибрати масиви актинометричних даних, наведені у виданнях минулих років, доцільно зіставити їх з новішими, поданими у безкоштовній базі даних аерокосмічного агентства США NASA SSE (NASA Surface meteorology and Solar Energy) [3]. Останні є результатом моделювання актинометричних величин, отриманих синтезом наземних актинометричних вимірювань і супутникового моніторингу поверхні Землі впродовж останнього 22-річного періоду. За ними розраховано стандартні актинометричні величини для сітки $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$, які потім інтерпольовані на сітку розміром $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ і викладені для користувачів на сайті (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>).

Виклад основного матеріалу. Ефективність сонячних енергетичних установок, насамперед, є функцією сумарного потоку сонячної енергії (радіації), який складається з прямого, розсіяного та відбитого від оточення компонентів. Енергетичні параметри перших двох складових визначають шляхом актинометричних вимірювань в обумовлені години доби. Денний хід сонячної радіації розраховують, інтерполюючи результати термінових спостережень. Надалі їх інтегруванням за часом з моменту сходу Сонця до його заходу обчислюють середньоденні, середньомісячні та середньорічні значення

інсоляції – енергії, що надходить на одиницю горизонтальної поверхні. Результати багаторічних спостережень усереднюють і вносять у відповідні бази даних.

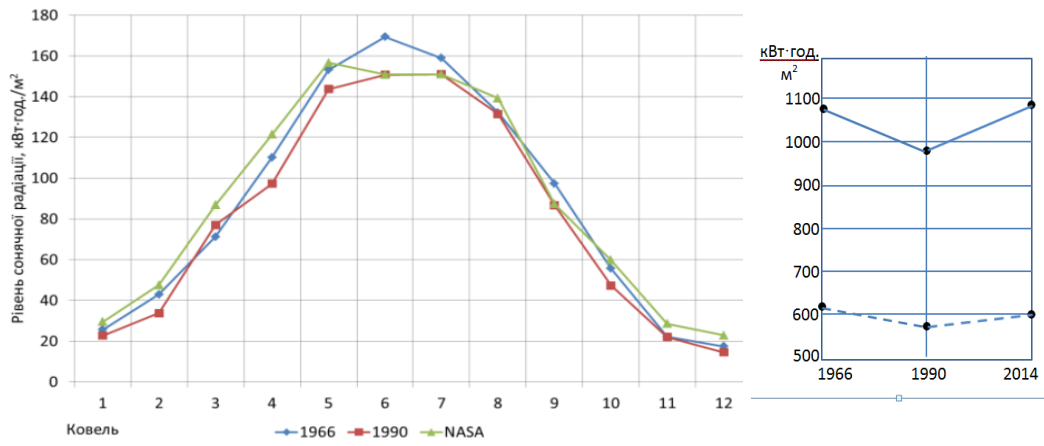
Виміряні та розраховані величини містять як випадкові похибки, обумовлені поточними погодними відхиленнями, так і систематичні, що виникають під час використання різних вимірювальних приладів і методик спостереження та подальшого усереднення результатів. Встановлено [5], що для місячних сум сумарної і розсіяної радіації похибки складають від 3...5% у теплий період року – до 8...10% у холодний, а для прямого потоку на рівні 15...20% впродовж року. Ефективним засобом послабити вплив випадкових похибок є збільшення періоду спостережень і подальшого усереднення. Зокрема, для забезпечення надійності на рівні 90% довжина ряду результатів спостережень повинна складати 30–35 років. Тоді як для ймовірності у 68% – достатньо десятирічного ряду спостережень.

Під час формування міжнародних баз даних розраховані величини звіряються з результатами спостережень обраних актинометричних станцій, іноді віддалених на сотні кілометрів від пунктів інсталяції проєктованих сонячних енергетичних установок. За результатами публікації [5] можна прийняти, що на території України похибка просторової інтерполяції у радіусі 50...80 км взимку та 80...130 км влітку не перевищує похибки актинометричних вимірювань. Наявна сітка актинометричних станцій значно рідша за наведені віддалі, тому три міжнародні бази можуть містити додаткові методичні похибки інтерполяції.

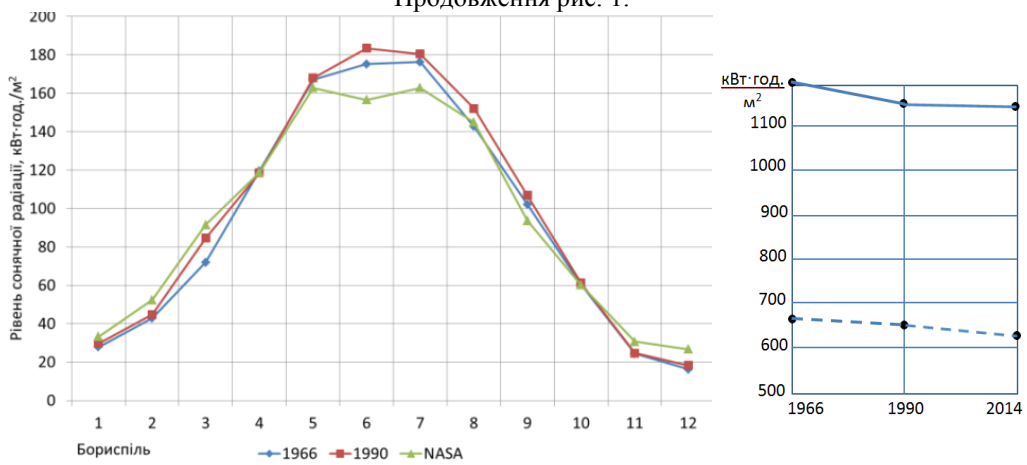
Виходячи з наведених положень, нами виконано графічне порівняння трьох баз даних середньодобових сум сонячної радіації для семи актинометричних станцій північної частини України: Ковель (рис. 1а), Городок Хмельницької обл. (рис. 1б), Берегове Закарпатської обл. (рис. 1в), Бориспіль (рис. 1г), Полтава (рис. 1д), Конотоп (рис. 1е), Покошичі (метеостанція Придеснянська) Чернігівської обл. (рис. 1ж). На цих рисунках наведено помісячний хід сум сумарної сонячної радіації, запозичених з довідників 1966 р. [1] і 1990 р. [2], а також бази даних NASA, які відповідають періоду усереднення за останні 22 роки [3]. Вибір актинометричних станцій зумовлений наявністю результатів спостережень в обох довідниках. А вибір середньомісячних величин порівняння – їх використання для розрахунку продуктивності проєктованих сонячних енергетичних установок.

Щоб виявити вплив кліматичних змін, у правих частинах рис. 1 зіставили середньорічні суми сонячної енергії за тривалі часові періоди.

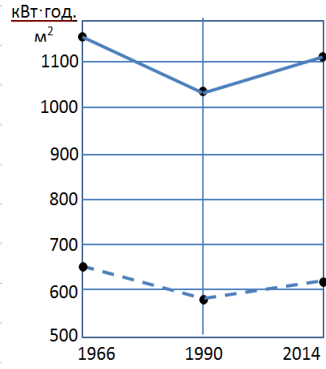
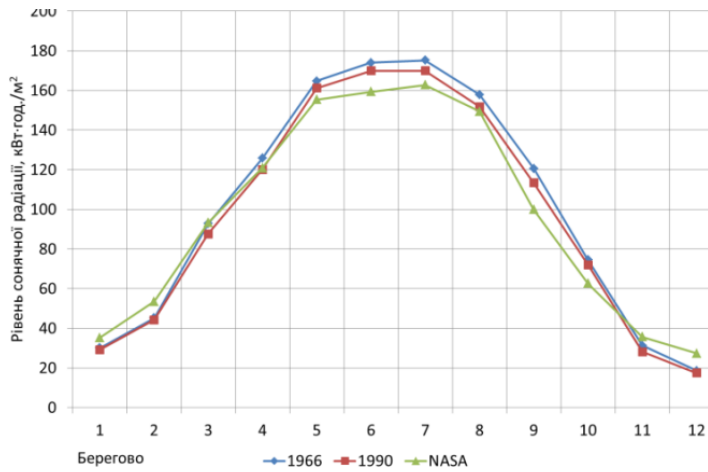
Нами використано довідникові дані, усереднені за результатами актинометричних досліджень до 1966 р., у наступний період до 1990 р. а також базу даних NASA, складену з використанням результатів спостережень за останній 22-річний період. Там же відображено зміну чотиримісячних сум – за травень, червень липень і серпень, які відповідають максимуму помісячного розподілу. Саме у ці місяці використовують більшість сонячних енергетичних установок агропромислового комплексу.



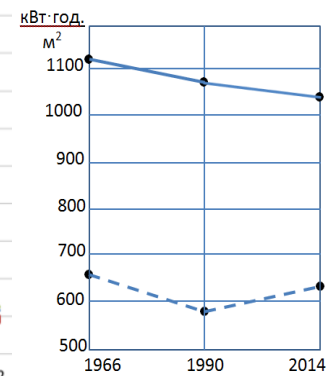
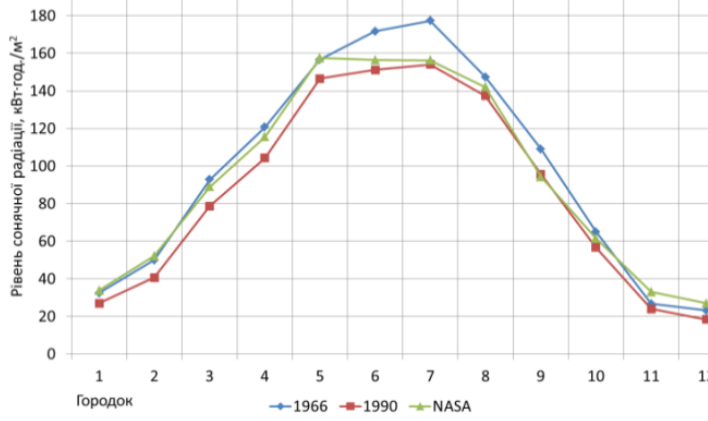
а
Продовження рис. 1.



б

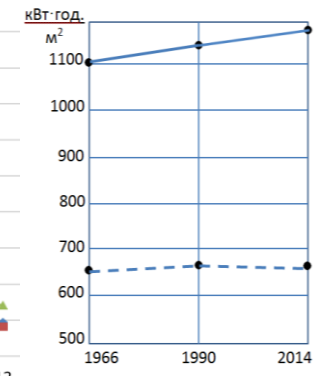
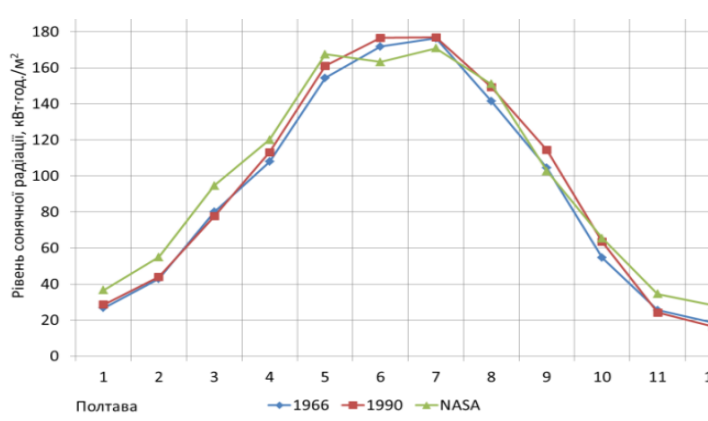


в)

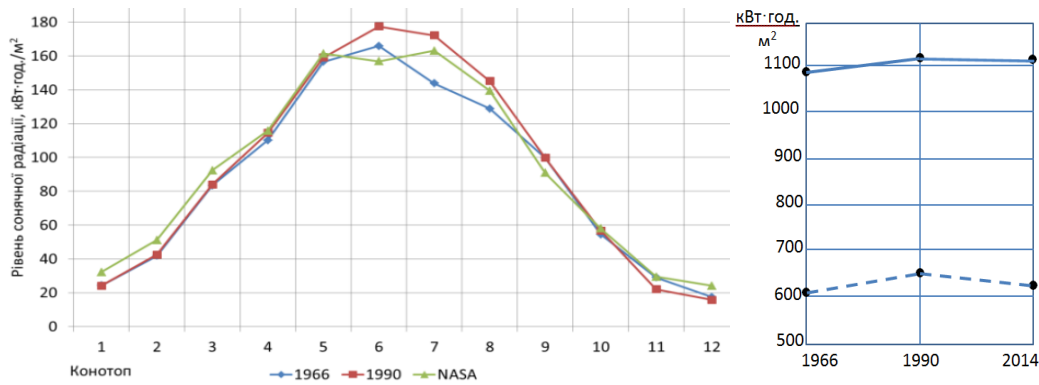


г

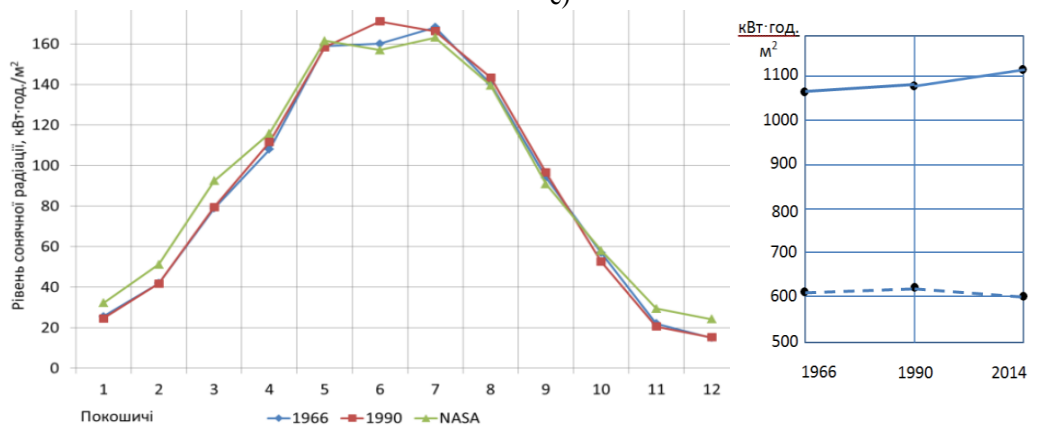
Продовження рис. 1.



д)



е)



ж

Рис. 1. Сумарне надходження сонячної енергії на горизонтальну поверхню: ліворуч – помісячне; праворуч вверху – річні суми, внизу за чотири місяці теплого сезону для метеостанцій міст Ковеля (а), Борисполя (б), Берегово (в), Городка (г), Полтави (д), Конотопу (е) і Покошичів (ж).

З наведених порівнянь випливає, що дані NASA влітку занижені проти наземних актинометричних спостережень, а взимку, навпаки, завищені, тоді як річні суми сонячної інсоляції відрізняються у межах похибки вимірювальних приладів. Подібний висновок зробили й автори публікації [5] за графічним порівнянням бази даних NASA і обсерваторії Московського університету (рис. 2). На рис. 1 і 2 існує однаковий характер відхилень в області літнього максимуму навіть для достатньо віддалених географічних пунктів. Отже, можна припустити, що вони викликані методичною похибкою розрахунку бази даних NASA, наприклад, вибору одного і того ж типу розподілу місячних сум для моделювання.

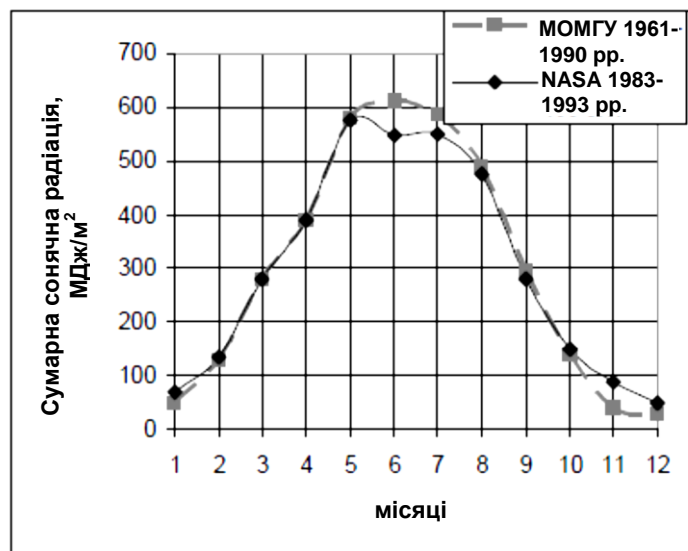


Рис. 2. Порівняння помісячного надходження сонячної енергії двох баз даних NASA та обсерваторії Московського університету.

З наведеного на рис. 1 порівняння можна помітити, що у західному регіоні України аж до Києва включно, період між 1966 і 1990 роками характеризується мінімумом надходження сонячної радіації. Натомість в останні 22 роки він майже відновився до рівня попереднього (до рівня 1966 р.) періоду. Такій самій закономірності відповідають співвідношення для вужчої чотиримісячної вибірки, наведеної на тому ж рис. 1 пунктирними відрізками. Найбільша різниця (близько 6,5%) між максимумом і мінімумом відмічена на метеостанції Ковель. Натомість на північному сході України кліматичний мінімум 1990 р. відсутній, а період між 1966 і 2014 роками характеризується невеликим зростанням потенціалу сонячної радіації. Зменшення цього потенціалу за вказаний період зафіксовано тільки для метеостанції Берегове, яка розташована в іншій кліматичній зоні.

Висновки. Проаналізовані довідникові дані є усередненими за великі часові періоди, які тільки наближено відповідають поточним параметрам сонячної енергії на горизонтальній поверхні Землі. У той же час сприймальна поверхня більшості сонячних енергетичних установок нахилена під кутом до горизонту, близьким географічної широти місцевості. Для проектних розробок потрібно виконати перерахунок за відомими методиками, який вносить додаткову похибку у кінцевий результат. Наприклад, за методикою перерахунку, прийнятою розробниками бази даних NASA, розкид місячних сум становить від 6 до 15%.

Довідникові величини для горизонтальної поверхні, як і розраховані з їх використанням для похилої поверхні, не можна використовувати для оцінки поточної продуктивності діючих сонячних енергетичних установок. Для цього необхідно налагодити одночасні вимірювання поточного рівня сонячної радіації у площині сприймальної поверхні. А оцінками і рекомендаціями минулих десятиліть з проект-

тування чи експлуатації сонячних установок не можна без певних застережень користуватися на усій території України.

Бібліографічний список

1. Справочник по климату СССР. – Вып. 10. Украинская ССР. – Ч.1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л., 1966. – 124 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Вып. 10. Украинская ССР. – Кн. 1. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 595 с.
3. [http:// wrdc.mgo.rssi.ru; S@telight](http://wrdc.mgo.rssi.ru; S@telight); <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.
4. Рибченко Л. С. Сонячна радіація в Києві та Одесі за ясного неба. / Л. С. Рибченко, Т. О. Ревера // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 261. – С. 72–85.
5. Попель О. С. Климатические данные для возобновляемой энергетики России (база климатических данных) : Уч. пос. / О. С. Попель, С. Е. Фрид, С. В. Киселева и др. – М. : Изд. МФТИ, 2010. – 56 с.

В. Гальчак, В. Сиротюк, С. Сиротюк, С. Коробка. Порівняльний аналіз потенціалу сонячної енергії в Україні за трьома базами даних.

Порівняно потенціал сонячної енергії за даними трьох доступних інформаційних ресурсів: Справочник по климату СССР (спостереження до 1966 року), Научно-прикладной справочник по климату СССР (спостереження до 1990 року) та безкоштовна база даних аерокосмічного агентства США NASA SSE (NASA Surface meteorology and Solar Energy). За даними інформаційних ресурсів побудовано залежності сумарного надходження прямого і розсіяного потоків сонячної енергії на горизонтальну поверхню у місячному та річному циклах для семи актинометричних станцій північної частини України. Виявлені відмінності розподілу місячних сум сонячної радіації, усереднених за періоди багаторічних спостережень до 1966 року, до 1990 року та базою даних NASA.

Ключові слова: сонячна радіація, енергія, актинометрія, база даних NASA.

V. Halchak, V. Syrotyuk, S. Syrotyuk, S. Korobka. Comparative analysis of solar potential in Ukraine by three databases.

A comparison of the potential of solar energy, according to the three available information resources: A Guide for the USSR Climate (observation until 1966), the Scientific and Applied Climate Handbook (observation until 1990) and the free database space agency US NASA SSE (NASA Surface meteorology and Solar Energy). According to the information resources have been built according to the total graphic receipt of direct and diffuse solar irradiance on a horizontal surface in the monthly and annual cycles for seven stations aktinometrichnih northern Ukraine. Differences monthly distribution amount of solar radiation, averaged over a period of many years of observations until 1966, until 1990, and the database NASA.

Key words: solar radiation, energy, aktynometriya, database NASA.

В. Гальчак, В. Сиротюк, С. Сиротюк, С. Коробка. Сравнительный анализ потенциала солнечной энергии в Украине за тремя базами данных.

Сравнено потенциал солнечной энергии по данным трех доступных информационных ресурсов: Справочник по климату СССР (наблюдение до 1966 года), Научно-прикладной справочник по климату СССР (наблюдение до 1990 года) и бесплатная база данных аэрокосмического агентства США NASA SSE (NASA Surface meteorology and Solar Energy). По данным информационных ресурсов построены зависимости суммарного поступления прямого и рассеянного потоков солнечной энергии на горизонтальную поверхность в месячном и годовом циклах для семи актинометричных станций северной части Украины. Выявлены различия распределения месячных сумм солнечной радиации, усредненных за периоды многолетних наблюдений до 1966 года, до 1990 года и базой данных NASA.

Ключевые слова: солнечная радиация, энергия, актинометрия, база данных NASA.