

## «Методика розрахунку геліоенергетичного потенціалу території України за допомогою засобів ДЗЗ»

Одним з основних та найбільш перспективних напрямів відновлювальної енергетики є геліоенергетика. В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії, слід зазначити, що середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, яка потрапляє на  $1\text{ м}^2$  поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070–1400 кВт•год / $\text{м}^2$  в залежності від регіону. Цей показник є досить високим, наприклад для Німеччини, він становить в середньому 1000 кВт•год/ $\text{м}^2$  [3]. Дослідження геліоенергетичного потенціалу України є актуальним у наш час коли система енергетичного забезпечення країни потребує переорієнтації з викопних на альтернативні джерела енергії.

Зараз відбувається активне використання супутникових даних, у тому числі у метеорологічних, пов'язаних з дослідженням геліоенергетичного потенціалу територій.

Оцінка та аналіз геліоенергетичних ресурсів території безпосередньо базуються на дослідженнях сонячної радіації, які на території країни велись у напрямку деталізації аналізу просторово-часового розподілу показників сумарної, прямої та розсіяної радіації як за допомогою безпосередніх актинометричних спостережень, так і через виявлення факторів, що впливають на їх розподіл, а також встановлення зв'язків між ними та відповідними показниками сонячної радіації.

Надходження прямої радіації за умов ясного неба визначається в основному астрономічним фактором, а вплив циркуляційних процесів проявляється лише через прозорість атмосфери. За середніх умов хмарності пряма радіація більше залежить від циркуляції атмосфери, яка має вирішальний вплив на її динаміку [2].

Другим важливим чинником є хмарність. Хмарність значно зменшує надходження прямої сонячної радіації, яка є головним джерелом енергії для сонячних електростанцій, на відміну від розсіяної радіації.

Властивості рельєфу впливають в свою чергу на відкритість горизонту щодо надходження сонячних променів [1].

За допомогою фізико-географічного районування виділяють фізико-географічні провінції та області. Таким чином, більшість факторів, що впливають на розподіл сонячноенергетичних ресурсів в межах фізико-географічних областей є відносно однорідними.

Таким чином, для розрахунку надходження сонячної радіації на рівні ґрунту необхідно враховувати два основних фактори: це кут падіння сонячних променів та прозорість атмосфери (хмарність).

Кут падіння сонячних променів можливо розрахувати для будь-якого місцеположення на Землі та будь-якої дати. Стосовно врахування хмарності виникають труднощі — вона не є таким сталим показником, але це можливо за допомогою використання засобів дистанційного зондування Землі. Розрахування поступаючої сонячної радіації у такий спосіб вже використовувалось раніше над територією Західної Європи. Цей метод отримав назву HELIOSAT Method. Перша згадка про використання даного методу у 1982 році, у статті Деніала Кано [5].

Для визначення параметрів регресійної моделі необхідний навчальний набір наземних даних, який, у свою чергу, прогнозує глобальне випромінювання. Основна ідея цього методу полягає в тому, що кількість хмарного покриву над даною територією статистично визначає сумарну радіацію для даної території. Таким чином, обробка даних ділиться на два етапи.

Спочатку визначається індекс хмарності для кожної локації ( $i$ ;  $j$ ), званий пікселем, оригінального супутникового знімка, потім використовується на другому етапі для статистичної оцінки сумарної радіації.

При підготовці до визначення індексу хмарності, будується і щодня оновлюється карта альbedo Землі для ясного неба. Карту індексу хмарності потім отримують з порівняння поточного супутникового зображення та еталонної карти альbedo. Після визначення факторів обчислюється атмосферна передача, з використанням даних піранометра і статистичної регресії між цими

факторами та індексом хмарності на тій же місцевості. Нарешті, карта сумарної радіації складається на основі уточненої сітки з використанням техніки інтерполяції між наземними станціями □33□.

Основні дані ДЗЗ взяті з спостережень геостаціонарного супутника Meteosat, у видимому спектрі і в тепловому інфрачервоному. Кожен знімок супутника попередньо обробляється з використанням геометричної корекції з орієнтирною кореляцією, фільтрації шуму і нормалізації цифрових відліків прямим спектральним випромінюванням, який вимірюється на горизонтальній площині, розташованій на кожному пікселі під ясним небом.

Загальною ідеєю методу Heliosat для оцінки сонячної радіації поверхні, отриманої за допомогою супутникових зображень є розрахунок випромінювання при ясному небі а також, окремо, при хмарному.

Також даний метод був вдосконалений та отримав назву Heliosat-2, метод який перетворює спостереження, зроблені геостаціонарними метеорологічними супутниками в значення глобального випромінювання на рівні землі. Ця нова версія об'єднує знання, отримані за допомогою різних видів використання оригінального методу Heliosat і його різновидів послідовним і ретельним чином. Він заснований на тих же фізичних принципах, але використовуваними даними є значення відкаліброваних випромінювань, а не цифрові відліки вихідного сигналу з датчика. Ця зміна відкриває можливість використання відомих моделей фізичних процесів в атмосферній оптиці, тим самим усуваючи необхідність в емпірично визначених параметрах і піранометричних вимірюваннях для налаштування.

Таким чином застосування супутникових даних а саме геостаціонарного супутника Meteosat є розповсюдженим методом розрахування геліоенергетичного потенціалу певної території. Більшість подібних досліджень проводилось над територією Західної Європи та Північної Америки. Також подібні дослідження проводили над територією Тайланду. В усіх цих випадках дослідження проводилось приблизно за таким алгоритмом:

1. Розрахування надходження сонячної радіації за умови «чистого неба»;
2. Розрахунок індексу хмарності для кожного місцеположення;
3. Побудова карти надходження сонячної радіації над територією;
4. Порівняння отриманих результатів з наземними піранометричними дослідженнями на метеорологічних станціях, та корегування побудованої карти.

За допомогою інструменту Annual Course of Daily Insolation у програмному забезпеченні SAGA був здійснений розрахунок річного курсу надходження сонячної радіації для паралелі 50°.

Таким чином ми можемо розрахувати кількість сонячної радіації яка надходить на земну поверхню за умови «чистого неба». Володіючи даною інформацією можливе побудування просторової моделі розподілу сонячної радіації на території України для визначеного дня. Для цього необхідно визначити кількість сонячної радіації що надходить на територію України кроком в 1°, та провести інтерполяцію між отриманими показниками.

Таким чином, виходячи з даних отриманих в зазначений вище спосіб була отримана така таблиця:

Таблиця 1

**Надходження сонячної радіації на територію України у січні та липні**

Широта	Сонячна радіація (Вт/м <sup>2</sup> )	
	01.01	01.07.
53°	69,47	478,69
52°	76,09	479,36
51°	82,80	479,98
50°	89,59	480,57
49°	96,46	481,10
48°	103,39	481,57
47°	110,37	481,98
46°	117,40	482,32
45°	124,47	482,58
44°	131,57	482,76

За допомогою цих даних були побудовані такі карти розподілу сонячної радіації на території України (рис. 1.1.), (рис. 1.2.). Єдиний фактор, який враховувався — це кут падіння сонячних променів, тому помітно, що зміни закономірно змінюються у меридіональному напрямку. Формула, за допомогою якої була розрахована сонячна радіація, була виведена Андре Бергером в 1978 році [4]. За визначенням автора дана формула буде актуальна для розрахунку надходження сонячної радіації на будь яку точку земної поверхні при визначеній даті, протягом щонайменше одного мільйону років.

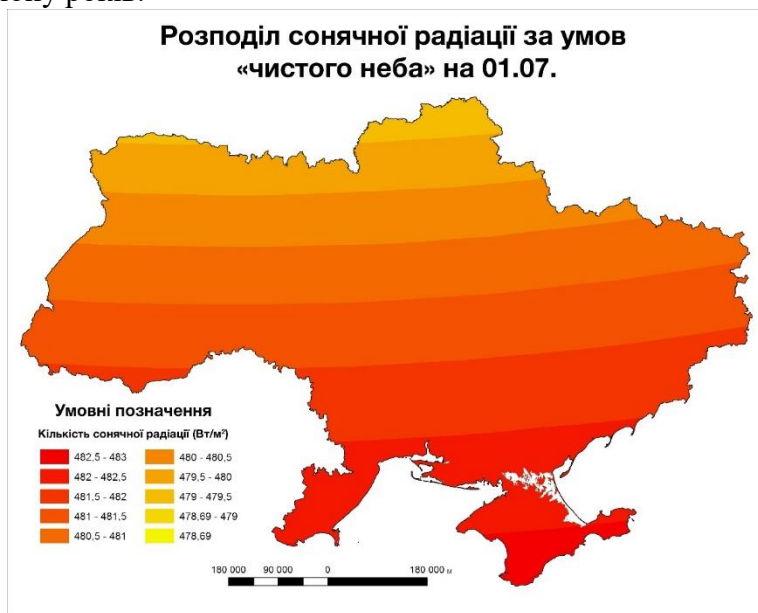


Рис. 1.1. Розподіл сонячної радіації на 01.07.

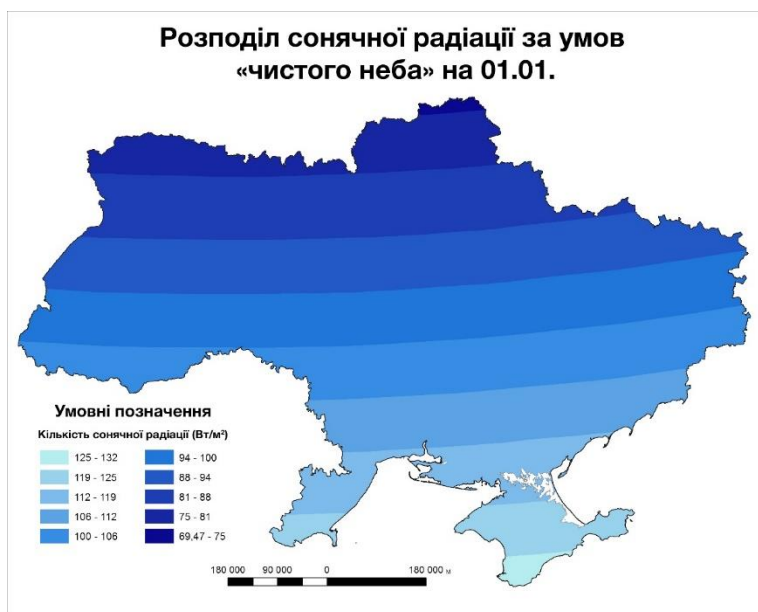


Рис. 1.2. Розподіл сонячної радіації на 01.01.

Методи розрахування індексів хмарності.

Зараз карти хмарності розробляються на основі даних з метеостанцій, які часто розподілені нерівномірно та характеризуються значним проміжком часу між оновленням даних. За допомогою методів дистанційного зондування можна підвищити точність показників хмарності, а саме визначити її відсоток, на тій чи іншій території.

Були розроблені дві методики визначення індексів хмарності. Перша методика здійснювалась у програмі ENVI, за допомогою неконтрольованої класифікації знімку з супутника Meteosat, на території України. Класифікація поведилась поділом зображення на 100 класів таким чином, щоб в подальшому ці класи було можливо прирівняти до відсотку хмарності. Результатом класифікації є модель розподілення хмарності на момент знімання. За цією моделлю можна визначити відсоток хмарності у кожному пікселі отриманого зображення.

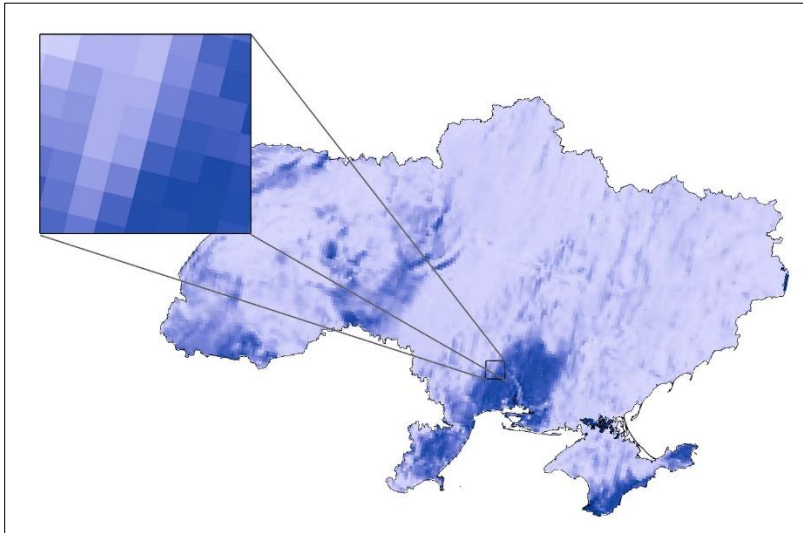


Рис. 1.3. Неконтрольована класифікація поділом на 100 класів.

Також, завдяки тому, що знімки оновлюються кожні 15 хвилин, отримані за цією методикою дані точніші ніж дані спостережень з метеостанцій.

Друга методика здійснювалась у програмі ArcGIS, за допомогою інструменту Raster to Point та методів інтерполяції. Згідно з цією методикою растрове зображення території України, конвертується у точки з атрибутивною інформацією яскравості кожного пікселя (рис. 1.4.).

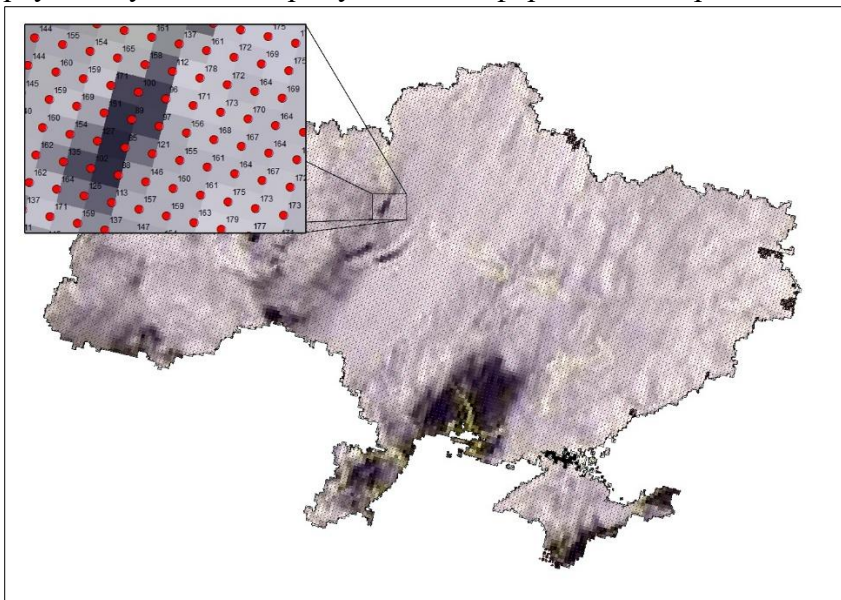


Рис. 1.4. Результат конвертації космічного знімку у точки з значенням яскравості.

Таким чином, чим більший показник яскравості пікселя, тим більша хмарність на цій території. Наступним кроком є інтерполяція між цими точками. Результатом інтерполяції є карта хмарності побудована за конкретним знімком (рис. 1.5.).

Таким чином можна виділити такі етапи визначення хмарності:

1. Прив'язка знімку та відокремлення досліджуваної території (підготовка);
2. Конвертація знімку у точки зі значеннями яскравості пікселів;
3. Інтерполяція між точками яскравості;
4. Результат: карта розподілення хмарності.

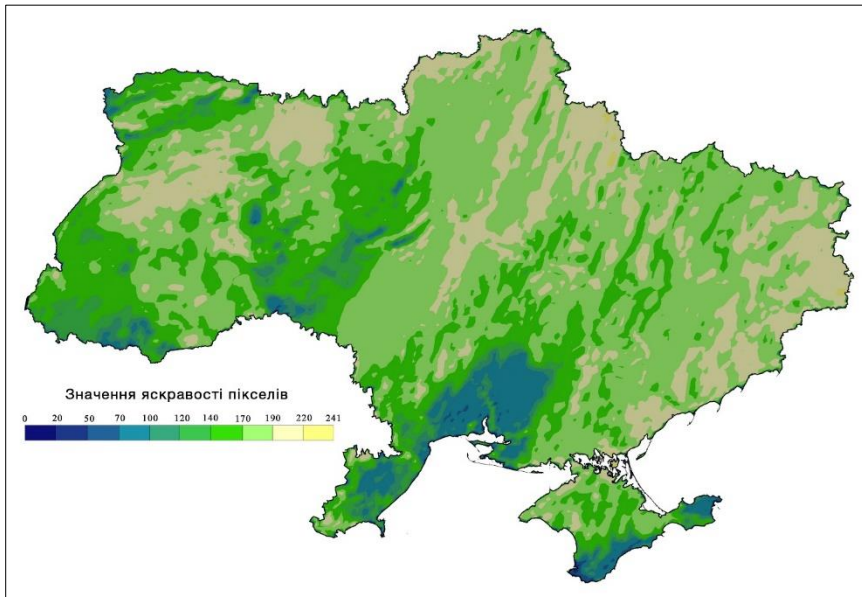


Рис. 1.5. Карта розподілення хмарності за знімком супутника Meteosat.

Обидва методи схожі між собою. Методики відрізняються кінцевим результатом. Результатом першої — є модель за якою можна визначити відсоток хмарності у бідь-який точці. Кінцевим етапом другої методики є створення карти хмарності на визначений момент, шляхом інтерполювання значень яскравості пікселів.

Наведені методики можна використовувати для визначення хмарності на території України. Отримані таким чином дані є точнішими ніж дані з метеорологічних станцій, та можливість отримувати знімки кожні 15 хвилин дозволяє швидко оновлювати результат.

Якщо розробити модель яка б відображала середні за день показники хмарності у кожному пікселі то сумістивши її з моделлю ідеального розподілу сонячної радіації ми можемо розрахувати кількість радіації яка досягає поверхні Землі.

Головна ціль проекту — створення системи оперативної оцінки геліоенергетичного потенціалу. Це забезпечує користувача актуальними даними про потенціал території, яка його цікавить. На основі даної системи стає можливим отримувати дані про енергетичний потенціал кожні 15 хвилин з просторовим дозволом 1-3 км / піксель. Таким чином, налагодивши постійне отримання і автоматичну обробку даних Meteosat, можна забезпечити користувача детальної і майже безперервною інформацією про обсяг електроенергії, яку можна виробити в даній точці земної поверхні. При цьому передбачається, що користувач зможе отримувати також узагальнені дані за цікавий для його тимчасової період (місяць, 3 місяці, рік).

#### Список використаних джерел

1. Величко С.А. Альтернативна енергетика України. Матеріали для уроків, факультативів// Величко С.А., Третьяков А.С. - МАН - Х.: Основа, 2010. – 128 с.
2. Климатология / [О. А. Дроздов, В. А. Васильев, Н. В. Кобышева та ін.]. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
3. Офіційний сайт конференції «Социально-экономические реформы в контексте интеграционного выбора Украины» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.confcontact.com>
4. André L. Berger. Long-Term Variations of Daily Insolation and Quaternary Climatic Changes / André L. Berger. // Journal Of The Atmospheric Sciences. – 1978. – №35. – С. 2362–2367.
5. Hofierka J. The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications / J. Hofierka, M. Šuri. // Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002. – 2002. – №11. – С. 51–70.