

**БОЙКО СЕРГІЙ**

Національний університет «Запорізька політехніка»

<http://orcid.org/0000-0001-9778-202>e-mail: [boiko\\_s\\_n@ukr.net](mailto:boiko_s_n@ukr.net)**КАСАТКІНА ІРИНА**

Криворізький національний університет

e-mail: [ms.irina.vital@gmail.com](mailto:ms.irina.vital@gmail.com)**БЕРІДЗЕ ТЕТЯНА**

Криворізький національний університет

e-mail: [boikosn2017@gmail.com](mailto:boikosn2017@gmail.com)**ЖУКОВ ОЛЕКСІЙ**

Вінницький національний технічний університет

e-mail: [alex4444\\_2004@ukr.net](mailto:alex4444_2004@ukr.net)**БОМБИК ВАДИМ**

Вінницький національний технічний університет

e-mail: [vsbombyk@gmail.com](mailto:vsbombyk@gmail.com)

## ПОТЕНЦІАЛ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ АГЛОМЕРАЦІЙ УКРАЇНИ

*В Україні найбільшою агломерацією розробок корисних копалин вважається Криворізький залізорудний басейн, яка включає в себе велику кількість гірничих підприємств. Між тим, шкідливий вплив на навколишнє гірничих підприємств дуже значний та спричинює насамперед порушення придатних до використання у сільському господарстві родючих земель. Слід зазначити, що гірничі підприємства є вагомими споживачами електричної енергії, яка на сьогоднішній день має певні обмеження у її споживанні та зважаючи на фактичне споживання та надані ліміти максимального енергоспоживання на сьогоднішній день у дефіциті як у Дніпропетровській області, так і в Україні. Останніми роками в Україні активно розвивається сонячна енергетика. Питання впровадження сонячних електростанцій в умовах промислових агломерацій на теренах України є актуальними не тільки серед наукової спільноти, а й серед промислових підприємств. Для проблеми, що досліджується, логічним та доцільним є опрацювання та аналіз відповідних показників погодних умов. Таким чином, отримані аналітичні та кількісні прогностичні значення індексів сезонності та пікових годин сонячної інсоляції. Застосування отриманих розрахунків дозволяє визначити проблему оптимальності застосування пропонуваніх пристроїв сонячних електростанцій, для отримання максимально-можливого значення генерованої потужності для даних умов. Позитивним рушієм у цьому напрямку є також факт використання просторів території виведених з експлуатації та діючих промислових агломерацій для виробництва енергії в екологічно безпечний спосіб.*

*Ключові слова: сонячна енергетика, прогноз, промислова агломерація.*

**BOYKO SERHIY**

National university "Zaporizhzhia polytechnic"

**KASATKINA IRINA, BERIDZE TETIANA**

Kryvyi Rih National University

**ZHUKOV OLEKSIY, BOMBYK VADYM**

Vinnytsia National Technical University

## THE POTENTIAL OF SOLAR ENERGY IN THE CONDITIONS INDUSTRIAL AGGLOMERATIONS OF UKRAINE

*In Ukraine, the largest agglomeration of mineral development is the Kryvyi Rih iron ore basin, which includes a large number of mining enterprises. Meanwhile, the harmful impact on the environment of mining enterprises is very significant and primarily causes the disturbance of fertile lands suitable for use in agriculture. It should be noted that mining enterprises are significant consumers of electricity, which currently has certain limitations in its consumption and, taking into account the actual consumption and the given limits of maximum energy consumption, it is currently in deficit both in the Dnipropetrovsk region and in Ukraine. In recent years, solar energy has been actively developing in Ukraine. The issue of the introduction of solar power plants in the conditions of industrial agglomerations on the territory of Ukraine is relevant not only among the scientific community, but also among industrial enterprises. For the problem under investigation, it is logical and expedient to study and analyze the relevant indicators of weather conditions. Thus, analytical and quantitative predictive values of seasonality indices and peak hours of solar irradiation were obtained. The application of the obtained calculations allows determining the optimality of the application of the proposed devices of solar power plants to obtain the maximum possible value of the generated power for the given conditions. A positive driver in this direction is also the fact of using the spaces of decommissioned territories and active industrial agglomerations for energy production in an environmentally safe way.*

*Keywords: solar energy, forecast, industrial agglomeration.*

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

До великих промислових агломерацій світу відносяться у тому числі, розробки корисних копалин, що охоплюють тисячі гектарів землі та призводять до штучної зміни форми рельєфу, шляхом перерозподілу на поверхні землі великих мас порід.

В Україні найбільшою агломерацією розробок корисних копалин вважається Криворізький

залізорудний басейн, яка включає в себе велику кількість гірничих підприємств. Між тим, шкідливий вплив на навколишнє гірничих підприємств дуже значний та спричинює насамперед порушення придатних до використання у сільському господарстві родючих земель [1].

Слід зазначити, що гірничі підприємства є вагомими споживачами електричної енергії, яка на сьогоднішній день має певні обмеження у її споживанні та зважаючи на фактичне споживання та надані ліміти максимального енергоспоживання на сьогоднішній день у дефіциті як у Дніпропетровській області, так і в Україні.

Вітрові та сонячні електростанції є лідерами з розбудови відновлювальної енергетики України. Між тим, за останні п'ять років найбільш суттєвого приросту потужності в Україні набули сонячні електростанції [2].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

У ряді попередніх досліджень, автори розглядають можливість використання території гірничих підприємств для впровадження відновлювальних джерел енергії. Пріоритетним напрямком вважається вітрова енергетика, за критерієм початкових капіталовкладень у реалізацію проекту. Між тим, у ряді досліджень приділяється увага провадження елементів сонячної енергетики в умовах промислових підприємств [1-5].

Так, в аналітичному звіті Американського Фонду «Чисте небо» вказується на необхідність переоснащення застарілих теплових електростанцій з переходом на інші джерела палива, серед яких відзначено в тому числі і впровадження відновлюваних джерел енергії [6-8].

### **Формулювання цілей статті**

Метою статті є аналіз показників потенціалу сонячної енергетики в умовах промислових агломерацій України на прикладі Криворізького залізорудного басейну.

### **Виклад основного матеріалу**

Мова йде про тисячі гектарів. Так, загальна площа земельного відводу гірничодобувних підприємств Криворізького залізорудного басейну становить близько 32 000 га, значна частина якого знаходиться в межах міста. З поміж іншого, тільки відвалами гірничо-збагачувальних комбінатів зайнято 4595 га, кар'єрами – 3102 га, шламосховищами – 5485 га. Слід зазначити, що на балансі місцевої громади знаходиться значна кількість інфраструктурних інженерно-технічних мереж таких як дороги, електро-, тепло-, газокомунікації, що поки що обслуговуються гірничодобувними підприємствами [3].

Слід зазначити, що об'єкти гірничого виробництва техногенного походження не підлягають швидкому відновленню і функціонують мінімум до кінця існування підприємства.

В той же час в Україні близько 300 виведених з експлуатації і нерекультурованих кар'єрів, а також мільйони гектар площ шламосховищ, простори яких можливо використати для виробництва енергії [4].

Останніми роками в Україні активно розвивається сонячна енергетика. Так, у 2019 р. була введена в експлуатацію найбільша сонячна електростанція в Україні, яка розташовується на ділянці колишнього рудного кар'єру біля с. Старозаводське Нікопольського району Дніпропетровської області потужністю 246 МВт, площею 400 га [1, 3].

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, гірничорудна компанія Ferrtexco встановила сонячну електростанцію потужністю 5 МВт на промисловому майданчику Полтавського гірничо-збагачувального комбінату, що буде подавати електроенергію для споживання підприємствами групи на діючому промисловому майданчику. Сонячні панелі встановлені на відвалах кар'єрів з метою раціонального використання площ [1, 4].

Тож, питання впровадження сонячних електростанцій в умовах промислових агломерацій на теренах України є актуальними не тільки серед наукової спільноти, а й серед промислових підприємств.

Для проблеми, що досліджується, логічним та доцільним є опрацювання та аналіз відповідних показників погодних умов. Такі показники повинні відповідати вимогам щодо роботи пристроїв. Таким чином, постає задача визначення та прогнозування погодних умов за яких забезпечується робота пропонуваніх установок. З метою превентивної оцінки потенціалу сонячної енергії в Криворізькій промисловій агломерації було взято два показники, що характеризують сонячну активність та їх статистичні дані присутні у спеціалізованих базах NASA, а саме помісячний усереднений підрахунок сонячних днів та помісячний усереднений рівень інсоляції. Слід зауважити, що такий аналіз є превентивним та при умові отримання рівня показників, що підтверджують актуальність впровадження очної енергетики, потребує подальшого ґрунтового вивчення.

Опрацьований статистичний матеріал щодо погодних умов в м. Кривий Ріг дозволив отримати відповідні дані задля подальшого дослідження (рис. 1) [1-5].

Візуальний аналіз дозволяє дійти висновку, що перспективним періодом використання СЕС є квітень – жовтень. Відомо, що прогнозування ґрунтується на визначенні основної тенденції [9].

Слід зазначити, що прогнозування в енергетичній галузі є передбаченням стану або опису можливих аспектів, станів, параметрів, проблем майбутнього енергетичних систем.

Прогнозування в енергетиці є одним із основних завдань. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває завдання прогнозування розвитку енергетичного комплексу, не тільки в контексті потужних

промислових підприємств, а й у регіональному аспекті. На сьогоднішній день існує більше 200 методів та моделей прогнозування, але найчастіше на практиці використовуються не більше 10. Між тим, застосування окремих методів прогнозування не приводить до оптимального і досить точного результату, оскільки прогнози можуть враховувати не тільки фактори, що робить вплив на предмет прогнозування, а й різні складові прогнозу, такі як його основна тенденція розвитку, сезонна і циклічні складові, випадкова компонента [13].

Слід зазначити, що в залежності від наявних даних, методи прогнозування поділяють на фактографічні, експертні та комбіновані. Так, фактографічні методи ґрунтуються на достатній ретроспективній інформації щодо об'єкту

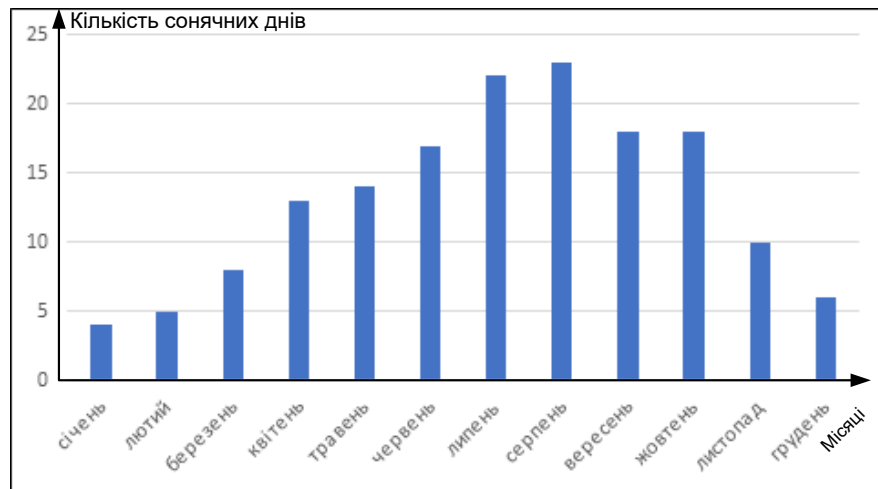


Рис.1. Усереднене значення кількості сонячних днів в період з 2018р по 2021 р

прогнозування та в свою чергу поділяються на методи предметної галузі та методи моделювання часових рядів. Експертні методи застосовуються при недостатньому обсягу даних про об'єкт прогнозування та будуються на інформації, отриманій з експертних оцінок. В свою чергу комбіновані методи прогнозування об'єднують експертні та фактографічні методи. Як приклад до комбінованих методів відносять моделі на базі нечіткої логіки. З поміж розглянутих методів для прогнозування в енергетичних системах найбільш придатною вважаються група моделей часових рядів, що в свою чергу поділяється на статистичні та структурні. Для прогнозування електроспоживання від альтернативних джерел енергії використовуються дані про погоду та графіки даних щодо електроспоживання. Тож, використання регресійних моделей прогнозування результат буде отримано швидше в порівнянні з використанням інших моделей. Авторегресивні моделі є найбільш популярні серед статистичних моделей, між тим у них є велика кількість вільних параметрів, ідентифікація яких є неоднозначною та характеризуються великою трудомісткістю. Група структурних моделей має у своєму складі неймережеві моделі, на базі ланцюгів Маркова та на базі класифікаційних регресивних дерев. Тож аналіз існуючих методів та моделей прогнозування в енергетиці показав, що для вирішення вказаного завдання використовуються прості моделі усереднення, статистичні моделі та моделі штучних нейронних мереж. Остаточний вибір та практичне використання того чи іншого методу чи моделі прогнозування в енергетиці ґрунтується на умовах конкретних задач [14].

Метою ж нашого прогнозування є виявлення загальних характеристик сонячної активності Криворізької агломерації з метою перевірки гіпотези авторів про доцільність розвитку запропонованого напрямку досліджень. Безумовно, результати прогнозування базуються статичних даних метеорологічних служб та будуть мати превентивний загальний характер, використання якого в подальшому не планується для проектування та дослідження впровадження реальних енергооб'єктів на базі елементів сонячної енергетики.

Щоб виявити й охарактеризувати основну тенденцію, застосовують різні способи згладжування та аналітичні методи. Вважаємо доцільним застосування аналітичного методу, як найбільш практично виправданого [10].

При аналітичному вирівнюванні динамічного ряду фактичні значення  $y_t$  замінюються обчисленими на основі певної функції  $Y = f(t)$ .

Вибір типу функції ґрунтується на теоретичному аналізі суті явища, яке вивчається, і характері його динаміки.

Між тим, огляд існуючих моделей прогнозування часових рядів, які характеризують відповідні енергетичні показники сонячної енергетики показав, що для аналізу сезонних коливань зазвичай розраховують індекси сезонності на основі осереднених значень досліджуваного показника. Більшість досліджуваних природних та економічних явищ мають певну тенденцію до зміни, тому з метою визначення показників сезонності необхідно використовувати нейтралізацію еволюції тренду. Тож, використання такого підходу дозволяє здійснювати прогноз на перспективу з урахуванням сезонних коливань.

Один із методів прогнозування, передумовою використання якого є незмінність причинного комплексу, що формує тенденцію. Прогнозний, очікуваний рівень  $Y_{t+v}$  залежить від бази прогнозування та періоду упередження  $v$ .

Ми можемо стверджувати, що представлені нами статистичні дані представляють динамічний ряд, якому властиві всі відповідні означення.

Застосовуючи стандартний пакет «Аналіз даних» отримуємо лінію тренда та коефіцієнт

детермінації нашого помісячного динамічного ряду (рис.2).

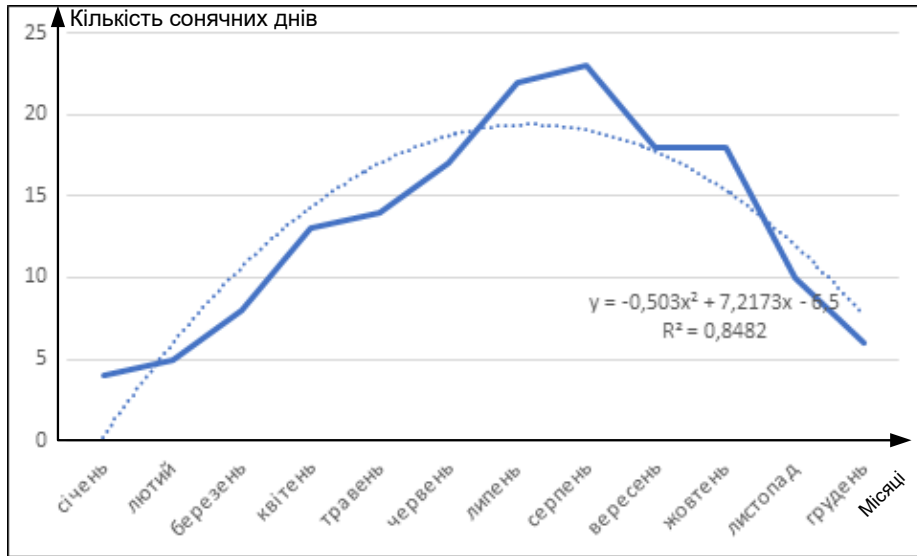


Рис. 2. Рівняння лінії тренда та значення коефіцієнта детермінації

Як показано на графіку рівняння тренду є поліноміальна функція другого порядку, а коефіцієнт детермінації дорівнює 0,8432. Тобто можемо вважати отримані результати прийнятними при практичному застосуванні.

Слід відзначити, що окремим процесам притаманні внутрішньорічні, сезонні піднесення і спади. Сезонні коливання виявляються і аналізуються на основі рядів щомісячних або щоквартальних даних.

Доцільним є аналіз сезонності при дослідженні проблеми, що висвітлюється, що дасть можливість в подальшому використовувати ці дані для проектування СЕС.

Характер сезонних коливань описується «сезонною хвилею», яку утворюють індекси сезонності. Індекси сезонності є відношенням фактичних місячних (квартальних) рівнів  $y_t, Y_t$  до середньомісячного (середньоквартального) за рік  $\bar{y}_t, \bar{Y}$ , %:

$$I_c = 100 \frac{y_t}{\bar{y}_t} \quad (1)$$

Оскільки сезонні коливання з року в рік не лишаються незмінними, виявити сталу сезонну хвилю можна за допомогою середніх індексів сезонності за кілька років:

$$\bar{I}_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{c,i} \quad (2)$$

$$\bar{I}_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{c,i} \text{ де } n \text{ — число років.}$$

Визначення індексів сезонності та відповідний розрахунок прогнозу на їх основі вважаємо більш доречним.

Відповідні розрахунки індексів сезонності, рівняння тренду та коефіцієнт детермінації представлені на рис. 3.

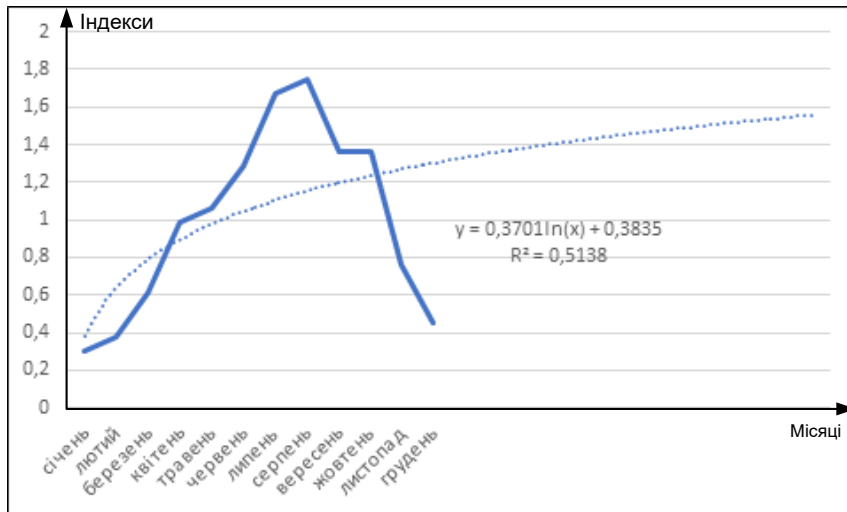


Рис. 3. Кількісні характеристики індексів сезонності погодних умов м. Кривий Ріг

Зазначимо, що для динамічного ряду індексів сезонності рівняння лінії тренду відповідає логарифмічна функція на відміну від часового ряду кількості сонячних днів. Коефіцієнт детермінації дорівнює 0,5138, що задовольняє вимогам практичного застосування.

Вважаємо за доцільне провести аналіз динамічного ряду індексів сезонності за умов прив'язки низької ймовірності та прив'язки високої ймовірності (табл.1, рис.4).

Таблиця 1

Прогнозні значення індексів сезонності

Часова шкала	Значення	Прогноз	Прив'язка низької вірогіднос	Привязка високої вірогідності
1	4			
2	5			
3	8			
4	13			
5	14			
6	17			
7	22			
8	23			
9	18			
10	18			
11	10			
12	6	6	6,00	6,00
13		16	3	30
14		17	4	30
15		18	4	31
16		18	5	32
17		19	5	33
18		20	6	34
19		21	7	34
20		21	7	35
21		22	8	36
22		23	8	37
23		23	9	38
24		24	10	39

Візуалізація даних наведених в табл.1 представлена на рис.4

Отримані значення прогнозу індексів сезонності надані в межах прив'язки низької та високої ймовірності дозволяють визначити необхідні межі прогнозу для застосування пристроїв.

Середньомісячні значення кількості пікових годин, протягом якого інсоляція має інтенсивність 1000 Вт/м<sup>2</sup> наведені в табл. 2. Таким чином ми отримуємо деяку умовну величину, що визначає кількість пікових годин – час, протягом якого інсоляція має інтенсивність 1000 Вт/м<sup>2</sup>.

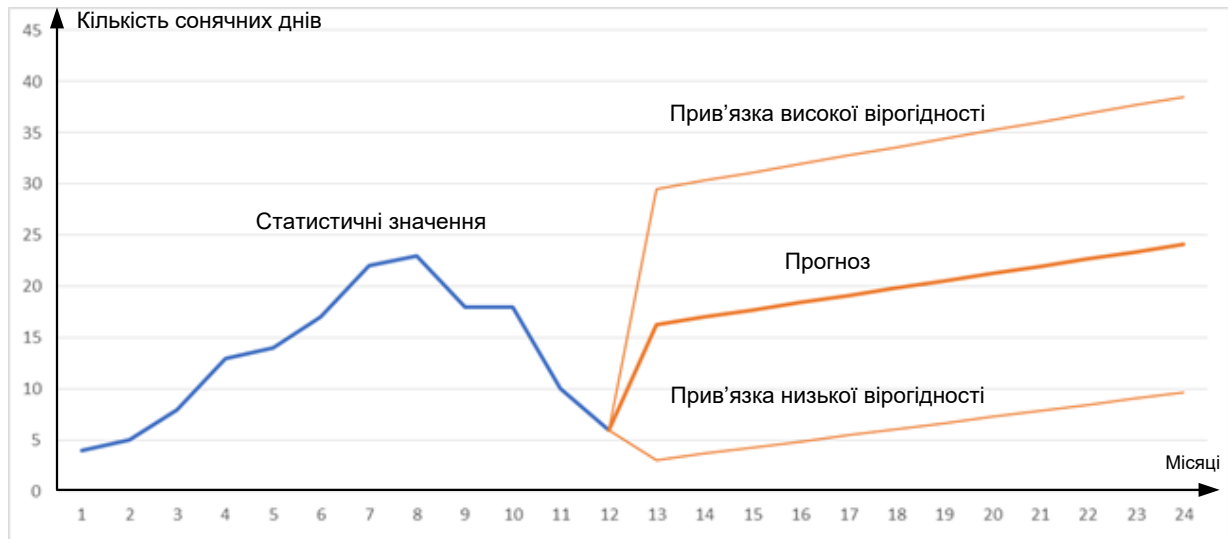


Рис.4. Прогноз значень індексів сезонності для даних 2018р – 2021р. м. Кривий Ріг

Розраховані значення індексів внутрішньорічної сезонності за формулою (1) за даними [10].

При цьому значення прогнозованих даних визначалось за формулою полінома другого ступеню, як такого, що має коефіцієнт детермінації 90,75%

$$\bar{I}_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{c,i} \tag{3}$$

Отримані дані представлені на рис.5.

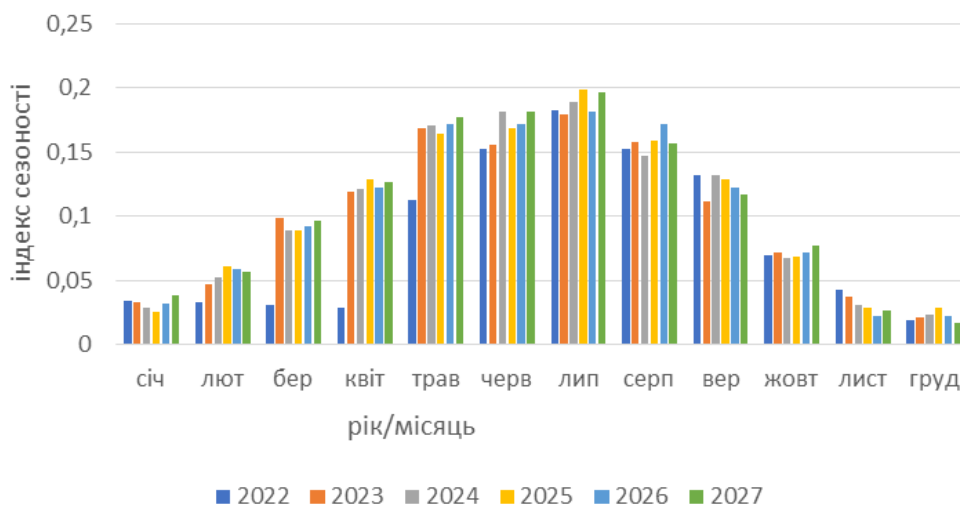


Рис.5. Значення індексів внутрішньорічної сезонності за даними 2018р – 2021р. м. Кривий Ріг

Аналіз отриманих даних свідчить, що найбільше значення індексу становить відповідно в 2025р та 2027 р в липні місяці. Відповідно найменші значення – 2027р, грудень місяць. Загально є проблематичним виділити фронтальну закономірність. Умоглядно, виділяються літні місяці і травень місяць окремо.

Таблиця 2

**Прогнозні значення індексів пікових годин сонячної інсоляції (на прикладі одного року)**

Часова шкала	Значення	Прогноз	Прив'язка низької вірогідності	Прив'язка високої вірогідності
1	0,03751			
2	0,056			
3	0,09021			
4	0,126			
5	0,17422			
6	0,1716			
7	0,18228			
8	0,16058			
9	0,1161			
10	0,07564			
11	0,0375			
12	0,02945	0,02945	0,03	0,03
13		0,0182794	-0,03	0,06
14		0,0071694	-0,09	0,10
15		-0,003941	-0,16	0,15
16		-0,015051	-0,24	0,21
17		-0,02616	-0,33	0,28
18		-0,03727	-0,42	0,35
19		-0,04838	-0,53	0,43
20		-0,05949	-0,63	0,51

На рис. 6 наведено графік прогнозу значень індексів пікових годин сонячної інсоляції за даними 2018р – 2022р. м. Кривий Ріг, який показує можливі прогнозні варіанти сонячної активності на наступний рік.

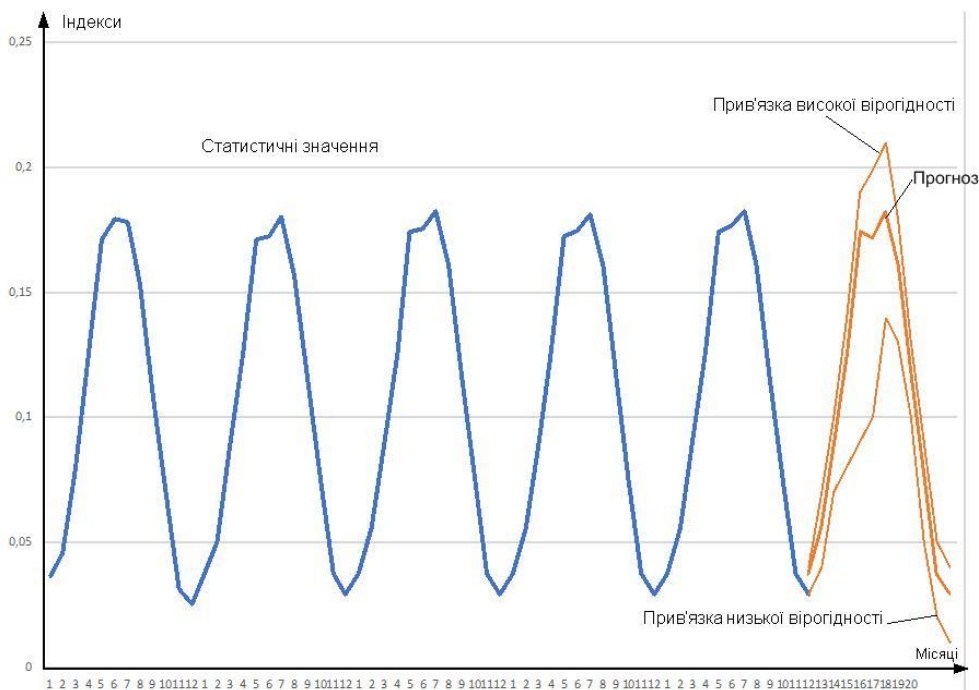


Рис. 6. Прогноз значень індексів пікових годин сонячної інсоляції на 2023 рік м. Кривий Ріг

Отримані значення прогнозу індексів пікових годин сонячної інсоляції надані в межах прив'язки низької та високої ймовірності.

Виходячи з результатів обробки статистичних та прогнозних даних, можна говорити про гарний потенціал сонячної енергії для впровадження фотоелектричних перетворювачів в умовах промислової агломерації Криворіжжя. Слід зауважити, що під час розрахунків та вибору обладнання майбутніх сонячних електростанцій, в умовах м. Кривий Ріг слід враховувати сезонність інтенсивності сонячної інсоляції та індекси пікових годин.

Між тим, слід зауважити, що графік електроспоживання потужних промислових підприємств відрізняється від графіку генерації електричної енергії сонячними електростанціями. Як приклад розглянемо графіки навантаження ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» (рис. 7-9) [15].





Рис. 7. Добовий графік навантаження активної потужності шахт ПАТ «Криворізький залізрудний комбінат», 2021р. м. Кривий Ріг

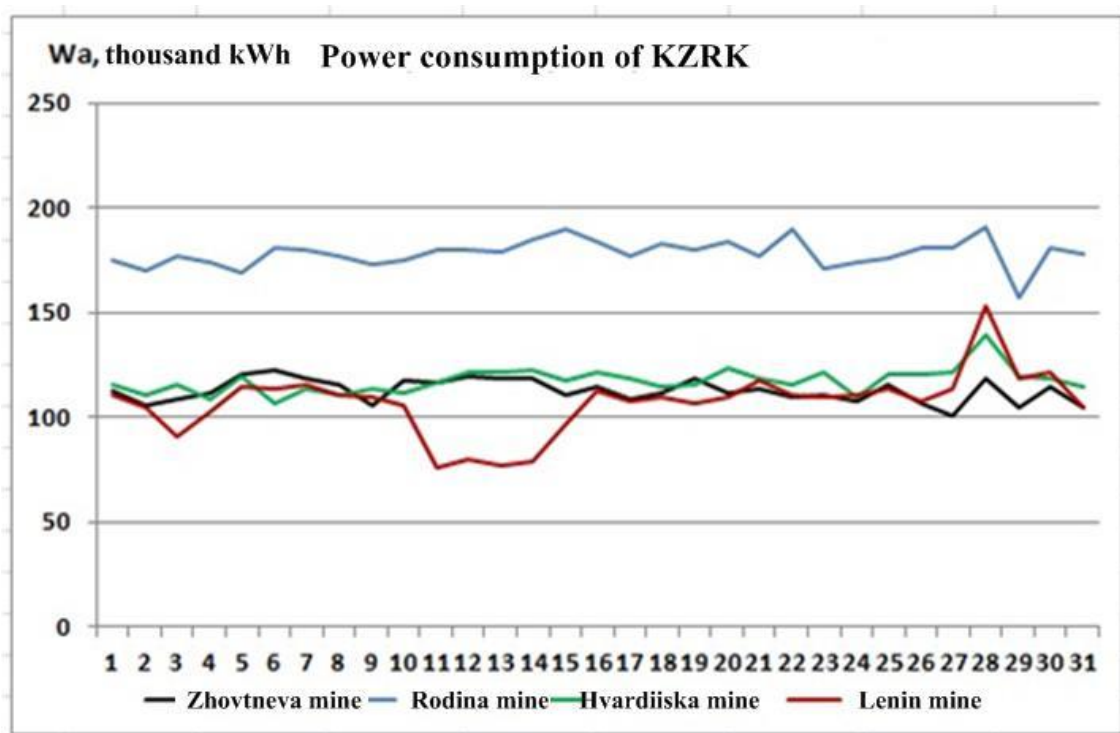


Рис. 8. Місячні графіки споживання активної електроенергії шахт ПАТ «Криворізький залізрудний комбінат», травень 2021р. м. Кривий Ріг



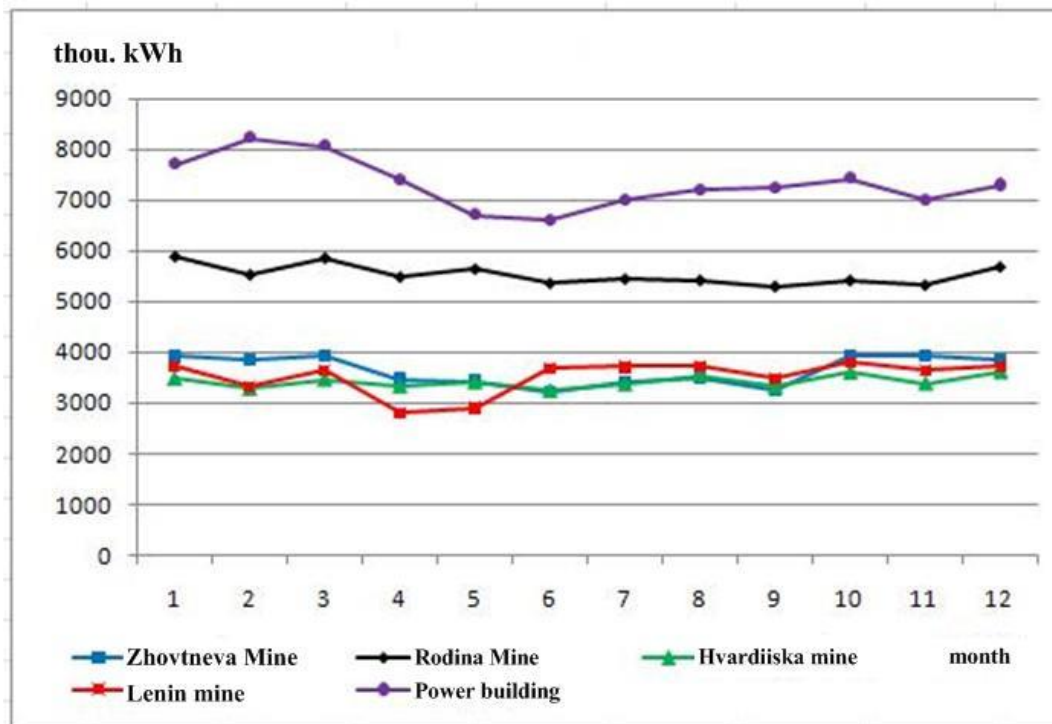


Рис. 9. Річні графіки навантаження шахт і енергоцеху ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат», 2021р. м. Кривий Ріг

Тому, в результаті впровадження сонячних електростанцій в умовах промислових агломерацій, слід відзначити особливості їх впливу на споживання електричної енергії з мережі, в залежності не тільки час доби, але й сезонності. З поміж іншого, слід зазначити, що типовий підхід щодо впровадження сонячних електростанцій, який використовується для широкого загалу споживачів електричної енергії не буде мати в даному випадку позитивний економічний ефект, враховуючи значні затрати на накопичувачі електричної енергії.

### Висновки

Таким чином, отримані аналітичні та кількісні прогностичні значення індексів сезонності та пікових годин сонячної інсоляції для міста Кривий Ріг та його промислової агломерації. Порівняння отриманих графіків з графіками навантаження одного з потужних підприємств м. Кривий Ріг дозволило визначити проблему впровадження сонячних електростанцій в умовах промислових підприємств агломерації. Позитивним чинником у цьому напрямку є також факт достатнього потенціалу сонячної інсоляції для впровадження сонячних електростанцій в умовах територій виведених з експлуатації та діючій промисловій агломерації м. Кривий Ріг, що матиме ще й позитивний екологічний та соціальний ефект. Між тим, мінливість прогностичних показників та стохастичний характер фактичних показників інсоляції, що спричинено впливом різних факторів вказує на необхідність побудови адаптивної системи керування сонячними електростанціями при їх впровадженні в особливо в умовах промислових агломерацій. Тож, впровадження сонячних електростанцій в умовах промислових агломерацій повинно мати в своїй основі сучасні підходи до побудови електротехнічних комплексів, систем їх керування та сучасні технології щодо накопичення та зберігання електричної енергії.

### Література

1. О.І. Амоша, *Людина та навколишнє середовище: економічні проблеми екологічної безпеки виробництва*. Київ: Наукова думка, 2002. 296 с.
2. М.І. Ступнік, В.А. Ковальчук, В.В. Буханець та Б.А. Ргіщев, *Теоретичні засади еколого- та ресурсозберігаючих технологій прикінцевої експлуатації залізорудних родовищ*. Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2013. 228 с.
3. *Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія* / Й. С. Мисак [та ін.]; Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 339 с.
4. Екологічний паспорт міста Кривого Рогу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://isdc.com.ua/wp\\_content/uploads/2016/10/Екологічний\\_паспорт\\_Кривого\\_Рогу.pdf](http://isdc.com.ua/wp_content/uploads/2016/10/Екологічний_паспорт_Кривого_Рогу.pdf)
5. *Комбіновані фотоенергетичні системи: монографія* / Р. В. Зайцев [та ін.]; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків: Бровін О. В., 2020. – 322 с.
6. С.М. Бойко, Є.П. Карлик, А.А. Петриненко та С.В. Рибинський. «Можливості використання вітрогенераторів для виробництва електричної енергії на відвалах кар'єрів». *Електротехнічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал*. – Кременчук КрНУ, 2012. – Вип.

2/2012 (18) – С. 101-103.

7. M. Chetverik, O. Bubnova, K. Babii, O. Shevchenko, and S. Moldabaev. «Review of geomechanical problems of accumulation and reduction of mining industry wasters, and ways of their solution. Mining of Mineral Deposits». №. 12 (4), p. 63-72.

8. American Clean Skies Foundation. Repurposing Legacy Power Plants: Lessons for the Future. Washington, D.C. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.potomacrivergreen.org/wpcontent/uploads/2016/01/ACSF\\_layout\\_coverANDtext.pdf](http://www.potomacrivergreen.org/wpcontent/uploads/2016/01/ACSF_layout_coverANDtext.pdf).

9. Єріна А. *Статистичне моделювання і прогнозування*. Навч. посібник. Київ, 2001

10. С. С. Герасименко, А. В. Головач, А. М. Єріна та ін. *Статистика: Підручник*. За наук. ред. д-ра екон. наук С. С. Герасименка. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: КНЕУ, 2000. 467 с.

11. Єлейко В.І. *Економіка. Статистичні методи моделювання і прогнозування*. -К.: НМК ВО, 2018. -120с.

12. Державна служба статистики. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

13. І.В. Сегеда «Прогнозування енергозабезпечення регіонів України на основі відновлюваних джерел енергії» *Інфраструктура ринку*. – Вип. 41. 2020. – С. 326-331.

14. Т.О. Терещенко, Ю.С. Ямненко, Л.Є. Клепач, Л.Г. Лайкова, Д.М. Палій «Огляд основних моделей прогнозування енергоспоживання в Microgrid». *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки* – Том 29 (68) Ч. 1 № 4 2018 С. 36-41

15. С.М. Бойко *Теоретичні засади формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації гірничорудних підприємств*. Монографія. Під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. – Кременчук, 2020. – 263с.

#### References

1. O.I. Amosha, Liudyna Ta Navkolyshnie Seredovyshe: Ekonomichni Problemy Ekolohichnoi Bezpeky vyrobnytstva. Kyiv: Naukova dumka, 2002. 296 s.

2. M.I. Stupnik, V.A. Kovalchuk, V.V. Bukhanets ta B.A. Rtishchev, Teoretychni zasady ekoloho- ta resursozberihaiuchykh tekhnolohii prykintsevoi ekspluatatsii zalizorudnykh rodovyshch. Kryvyi Rih: Vydavnychiy tsentr DVNZ «KNU», 2013. 228 s.

3. Soniachna enerhetyka: teoriia ta praktyka: monohrafiia / Y. S. Mysak [ta in.]; Nats. un-t "Lviv. politehnika". Lviv: Vyd-vo Lviv. politehniky, 2014. – 339 s.

4. Ekolohichniy pasport\_Kryvoho\_Rohu. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: [http://isdc.com.ua/wp\\_content/uploads/2016/10/Ekolohichniy\\_pasport\\_Kryvoho\\_Rohu.pdf](http://isdc.com.ua/wp_content/uploads/2016/10/Ekolohichniy_pasport_Kryvoho_Rohu.pdf)

5. Kombinovani fotoenerhetychni systemy: monohrafiia / R. V. Zaitsev [ta in.]; Nats. tekhn. un-t "Kharkiv. politekh. in-t". – Kharkiv : Brovin O. V. , 2020. – 322 s.

6. S.M. Boiko, Ye.P. Karlyk, A.A. Petrynenko ta S.V. Rybinskyi. «Mozhlyvosti vykorystannia vitroheneratoriv dlia vyrobnytstva elektrychnoi enerhii na vidvalakh karieriv». Elektrotekhnichni i enerhozberihaiuchi systemy. Shchokvartalnyi naukovo-vyrobnychiy zhurnal. – Kremenchuk KrNU, 2012. – Vyp. 2/2012 (18) – S. 101-103.

7. M. Chetverik, O. Bubnova, K. Babii, O. Shevchenko, and S. Moldabaev. «Review of geomechanical problems of accumulation and reduction of mining industry wasters, and ways of their solution. Mining of Mineral Deposits». №. 12 (4), p. 63-72.

8. American Clean Skies Foundation. Repurposing Legacy Power Plants: Lessons for the Future. Washington, D.C. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: [http://www.potomacrivergreen.org/wpcontent/uploads/2016/01/ACSF\\_layout\\_coverANDtext.pdf](http://www.potomacrivergreen.org/wpcontent/uploads/2016/01/ACSF_layout_coverANDtext.pdf).

9. Yerina A. *Statystychni modeliuvannia i prohnozuvannia*. Navch. posibnyk. Kyiv, 2001

10. S. S. Herasymenko, A. V. Holovach, A. M. Yerina ta in. *Statystyka: Pidruchnyk*. Za nauk. red. d-ra ekon. nauk S. S. Herasymenka. 2-he vyd., pererob. i dop. K.: KNEU, 2000. 467 s.

11. Yeleiko V.I. *Ekonomika. Statystychni metody modeliuvannia i prohnozuvannia*. -K.: NMK VO, 2018. -120s.

12. Derzhavna sluzhba statystyky. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

13. I.V. Sehedha «Prohnozuvannia enerhozabezpechennia rehioniv Ukrainy na osnovi vidnovliuvanykh dzherel enerhii» *Infrastruktura rynku*. – Vyp. 41. 2020. – S. 326-331.

14. Т.О. Терещенко, Ю.С. Ямненко, Л.Е. Клепач, Л.Г. Лайкова, Д.М. Палій «Огляд основних моделей прогнозування енергоспоживання в Microgrid». *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки* – Том 29 (68) Ч. 1 № 4 2018 – С. 36-41

15. S.M. Boiko *Teoretychni zasady formuvannia elektroenerhetychnykh system z dzherelamy rozoseredzhenoi heneratsii himykorudnykh pidpriemstv*. Monohrafiia. Pid redaktsiieiu doktora tekhn. nauk, profesora O.M. Sinchuka. – Kremenchuk, 2020. – 263s.