

## ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА ВСТАНОВЛЕННЯ СЕС В ЗАКАРПАТТІ

Роман Л.Ю.

Ужгородський національний університет  
вул. Підгірна, 46, 88000, м. Ужгород  
[liudmyla.roman@uzhnu.edu.ua](mailto:liudmyla.roman@uzhnu.edu.ua)

Проведено оцінку екологічних аспектів використання сонячних електростанцій у аграрній сфері Закарпаття різних ландшафтних зон: низинній, передгірній, гірській.

Кліматичні особливості області та її географічне розташування дозволяє впроваджувати сонячні електростанції, але варто пам'ятати, що область характеризується малоземеллям (1275,3 тис.га), в тому числі і сільськогосподарського призначення (всього 451 тис.га території, з них 200 тис.га ріллі), а встановлення сонячних електростанцій (СЕС) вимагає значних площ. Саме тому в даному регіоні найдоцільнішим є спорудження сонячних панелей на дахах будівель чи поверхнях тепличних споруд (при вазі конструкції до 170 кг), придатними можуть бути малоефективні площі передгірних чи гірських підзон області або площі, зайняті плодово-ягідними чи фруктовими культурами з перехресним спорудженням СЕС (коли вага конструкції становить більше 170 кг).

Встановлено незначні кореляційні відмінності між потребами споживання енергії фермерськими господарствами та потужністю роботи сонячних електростанцій. Особливо гострим це питання виникає у другій половині дня.

Використання СЕС в Закарпатській області, яка характеризується відносно малими ефективними сприятиме ефективному та раціональному використанню малоефективних площ земельних ділянок; покращити та інтенсифікувати вирощування ранніх овочевих, плодово-ягідних та садових культур, теплолюбних декоративних квітів; бути енергонезалежним господарством; підтримувати температурний режим у складових приміщеннях, теплицях, фермерських будівель чи господарських приміщень; контролювати нагрів води, необхідної для господарських потреб, підвищити економіку виробництва за рахунок надлишкової енергії, тощо.

Освоєння СЕС потужністю 20-30кВт в рік у агросфері Закарпаття є економічно вигідним і екологічно безпечним. Такий вид роботи фермерських господарств сприятиме ефективному раціональному використанню і низинних, і гірських земель не тільки в рекреаційно-туристичній діяльності, а також і в напрямку агросфери без шкідливого впливу на довкілля.  
*Ключові слова:* Закарпаття, сонячні електростанції, екологічні аспекти, ландшафтні зони.

### **Ecological component of SPP installation in Transcarpathia. Roman L.**

The assessment of ecological aspects of the solar power use was conducted in the agricultural sphere of Transcarpathia of different landscape zones: lowland, foothill, mountain.

Climatic features of the region and its geographical location allow the introduction of solar power plants, however it should be remembered that the region is characterized by scarcity of land (1275.3 thousand hectares), including agricultural (only 451 thousand hectares, of which 200 thousand hectares arable land), and the installation of solar power plants (SPP) requires significant areas. That is why in this region it is most expedient to build solar panels on the roofs of buildings or surfaces of greenhouses (with a construction weight of up to 170 kg), inefficient areas of foothills or mountain subzones of the region or areas occupied by fruit and berry or fruit crops with cross construction may be suitable. (when the weight of the structure is more than 170 kg).

Slight correlations were found between the energy consumption needs of farms and the capacity of solar power plants. This issue is especially acute in the afternoon.

The use of SPP in the Transcarpathian region, which is characterized by relatively low efficiency will contribute to the efficient and rational use of inefficient land areas; to improve and intensify the cultivation of early vegetable, fruit and garden crops, heat-loving ornamental flowers; to be an energy independent economy; maintain the temperature in component rooms, greenhouses, farm buildings or utility rooms; control the heating of water needed for economic needs, increase the economy of production due to excess energy, etc.

Development of SPP with a capacity of 20-30 kW per year in the agricultural sphere of Transcarpathia is economically viable and environmentally safe. This type of work of farms will contribute to the effective rational use of both lowland and mountain lands not only in recreational and tourist activities, but also in the direction of the agrosphere without harmful effects on the environment.  
*Key words:* Transcarpathia, solar power plants, ecological aspects, landscape zones.

**Постановка проблеми.** Використання альтернативних джерел енергії, а саме такою і є сонячна енергія, з кожним роком інтенсивно розвивається на світовому ринку. Україна також має всі можливості для розвитку СЕС (сонячні електростанції): вигідне географічне положення та високу сонячну інсоляцію.

Оскільки встановлення сонячних панелей із-за своїх розмірів вимагають значної території актуальним є дослідження екологічних та економічних

аспектів їх використання на територіях областей західної України, які є одними з найменших в країні за площею. Саме такою і є Закарпатська область. Особливістю краю є малоземелля та вертикальна зональність території (низинна, передгірна та гірська підзони).

Площа найзахіднішої області країни займає 2,2% площі всієї України та має найменшу кількість земель сільськогосподарського призначення

[1]. Загальновідомо, що на одного жителя в регіоні припадає 0,36 га сільськогосподарських угідь, з них частка ріллі 0,15га, що у 2,4 та 4,3 рази відповідно менше, ніж у загальному по Україні (а саме 0,82 га сільськогосподарських угідь, з них 0,65 га ріллі). Наведені факти обмежують потенційні можливості вирощування виробництва сільськогосподарської продукції. Землеробство у гірській підзоні немає перспектив розвитку. Пояснюється це не тільки суворими погодними умовами та низькою родючістю ґрунтів, а також й обмеженістю орних земель.

Співвідношення земельних площ за роки незалежності країни значно змінювались на користь господарств населення, що в результаті призвело до інтенсифікації процесу встановлення міні-СЕС на земельних ділянках сільськогосподарського призначення.

**Актуальність дослідження.** Ще наприкінці минулого століття вченими гірська територія Карпат розглядалась перспективною з точки зору встановлення сонячних електростанцій, але роботи в даному напрямку інтенсивно активізувались тільки десять років тому назад. Вочевидь це пов'язано з декількома факторами: по-перше, подорожчанням електроенергії, виробленої традиційними джерелами; по-друге, поява на ринку багатьох виробників сонячних батарей (панелей), що сприяло доступності їх більш широкому загалу.

Фахівцями-науковцями проведено підрахунки та встановлено, що у західній частині Карпат, а саме на Закарпатті земна поверхня отримує до 2024 год сонячної радіації на рік [1], що на 200 годин довше, ніж у інших прикарпатських регіонах. Очевидно, що в таких сприятливих кліматичних умовах галузь СЕС можуть розвивати не тільки великі компанії, а й усі власники приватних будинків, що обладнують дахи сонячними панелями.

Враховуючи систему «зелений тариф», що діє на території України значна частка приватних ділянок сільськогосподарського призначення у низинних районах Закарпатської області підлягла встановленню сонячних електростанцій. У свою чергу, це може призвести до порушення екологічного стану земельних ресурсів Закарпаття та нераціонального використання природних ресурсів краю. Саме тому метою дослідження стала оцінка екологічних аспектів використання СЕС у аграрному секторі Закарпатської області різних ландшафтних зон.

**Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями.** Науково-практичні дослідження виконувались у відповідності з загальною комплексною темою кафедри екології та охорони навколишнього середовища хімічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет»: «Розробка та вдосконалення систем і методів моніторингу об'єктів довкілля в контексті екологічної безпеки». Номер держреєстрації: 0121U109776.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективності та доцільності використання сонячної

енергії присвячено багато досліджень [2-10]. У літературі добре описано особливості роботи СЕС та їх вплив на довкілля. Показано, що коефіцієнт корисної дії сонячних електростанцій непостійний та залежить від багатьох факторів, головним серед яких є сонячна інсоляція та тип сонячних батарей [3-5].

Аналіз наукової літератури показав відсутність достатніх даних про використання сонячних панелей у окремих регіонах західної України, що і стало причиною досліджень невирішених раніше частин загальної проблематики, яким і присвячується дана стаття.

**Новизна.** Вперше проведено порівняльну оцінку екологічних складових використання СЕС у аграрній сфері різних ландшафтних підзон Закарпаття (низовинної, передгірної та гірської територій області), враховуючи інсоляцію сонячної радіації. Встановлено кореляцію зв'язків між потребами фермерських господарств та потужністю СЕС в Закарпатській області впродовж року.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати досліджень мають методологічне значення, яке полягає у формуванні уваги до міжпредметних зв'язків дисциплін екологічного, економічного та географічного спрямування. Проведені дослідження сприяють підвищенню раціонального природокористування, екологічної свідомості громадян та збереження належного екологічного стану різних ландшафтних підзон Закарпаття.

**Викладення основного матеріалу.** Встановлення СЕС на земельних ділянках Закарпатської області, в першу чергу передбачає необхідність врахування малоземелля області, зональності території та призначення с/г ділянок. Регіональні особливості радіаційного режиму Закарпаття визначається, в першу чергу географічним положенням, що і визначає кут падіння сонячних променів, експозицією схилів, режимом хмарності та циркуляції атмосферних мас і запиленістю атмосфери.

Середні показники сонячного випромінювання в області за даними Державної статистичної служби України [11] залежно від кліматичних умов та географічної широти впродовж 2020 року продемонстровано на рис. 1.

Аналізуючи дані рис. 1. можна відмітити, що гірська зона області має більшу інсоляцію, ніж низовинна. Що, передусім, пов'язано з прозорістю атмосферного повітря. Вище наведене дає можливість зробити припущення економічно вигідного та екологічно безпечного встановлення СЕС як у низинних, так і в гірських системах Закарпаття.

Очевидною є прямопропорційна кореляція між потужністю сонячних панелей та площею, яку займає дана конструкція, її ціною та продуктивністю. Середня потенційна можливість СЕС за термодинамічним циклом перетворення енергії оцінюється у 30-40 МВт з площі 1км<sup>2</sup>, але потенційні можливості одержання граничної потужності фотоперетворювачів можуть сягати 45-60 МВт з 1 км<sup>2</sup>.

Варто зазначити, що СЕС, які працюють на фотоперетворювачах використовують земельні ділянки вдвічі економніше за СЕС, працюючих за термодинамічним циклом із центральними приймачами.

Зазначимо, що у процесі будівництва та експлуатації СЕС мінімальними є ризики впливу на довкілля. Під час роботи сонячних батарей не спостерігається викидів забруднювальних речовин, відсутнім є шум та вібрація (порівняно з іншими видами відновлюваних джерел енергії). Більшої шкоди на об'єкти довкілля завдає сам процес виготовлення геліоелементів та їх утилізація. Найважливіша екологічна проблема використання СЕС в малоземельному Закарпатті може виникнути з точки зору не раціонального використання земельних ресурсів для масового встановлення сонячних панелей на поверхні ділянок сільськогосподарського призначення.

Для аналізу можливостей задоволення енергетичних потреб фермерських господарств Закарпаття необхідним є їх порівняння з потужністю СЕС. Середньодобову потужність сонячної батареї за сезонами року в Закарпатській області проведено за відповідними методиками [3-5, 10]. В якості модельних об'єктів дослідження взято типові фермерські господарства сімейного типу, в яких працює 5-8 чоловік (родинний бізнес) і які спеціалізуються в сфері рослинництва (в основному вирощування ранніх овочевих культур: картопля, помідори, огірки, перець, капуста, тощо) у низинних та передгірних зонах області. Для гірської зони в якості модельних взяті фермерські господарства, які спеціалізуються в області тваринництва та садівництва.

Оскільки потреби електроенергії ФГ у різних ландшафтних зонах не значно відрізнялись для демонстрації результату взято їх усереднені значення. Модельна СЕС має показник потужності 25кВт та встановлена на дахах будинків чи робочих примі-

шень. Моделювання кореляційних зв'язків між добовими потребами енергії ФГ та потужністю СЕС виконано теоретично, шляхом побудови графіків (рис. 2.).

Аналізуючи дані рис. 2. відмічаємо незначні кореляційні відмінності між потребами споживання енергії фермерськими господарствами та потужністю роботи СЕС. Особливо гострим це питання виникає у другій половині дня. Динамічна зміна потреб фермерських господарств та потужність СЕС (Вт) спостерігається як впродовж доби, так і впродовж року.

Результати показали, що отримана сонячна енергія регіону не може забезпечити господарства енергією у повному обсязі, особливо у пікові періоди (тобто з 18.00 до 22.00 к.ч.). Така стохастична поведінка СЕС потребує додаткових джерел енергії або необхідним є модуль накопичення надлишкової енергії, яка досягається в обідній час. В області тваринництва надлишкові енергетичні витрати можна компенсувати іншим видом альтернативної енергетики – отриманням біогазу. Але оцінка еколого-економічної ефективності даного напрямку потребує подальших досліджень.

Використання СЕС в Закарпатській області, особливістю якої є мала частка площ земель сільськогосподарського призначення, переважаючий гірський рельєф екосистем та високий ступінь заповідності території (близько 15%) [1] сприятиме ефективному природокористуванню, зокрема:

- задіяти під будівництво вільні та малоефективні площі земельних ділянок області;
- максимально ефективно використати потенціал урбанізованих територій, встановлюючи СЕС на поверхнях приватних будинків чи виробничих або інших нежилых приміщень;
- надасть можливість впродовж року вирощувати ранні овочеві чи плодово-ягідні культури, квіткові

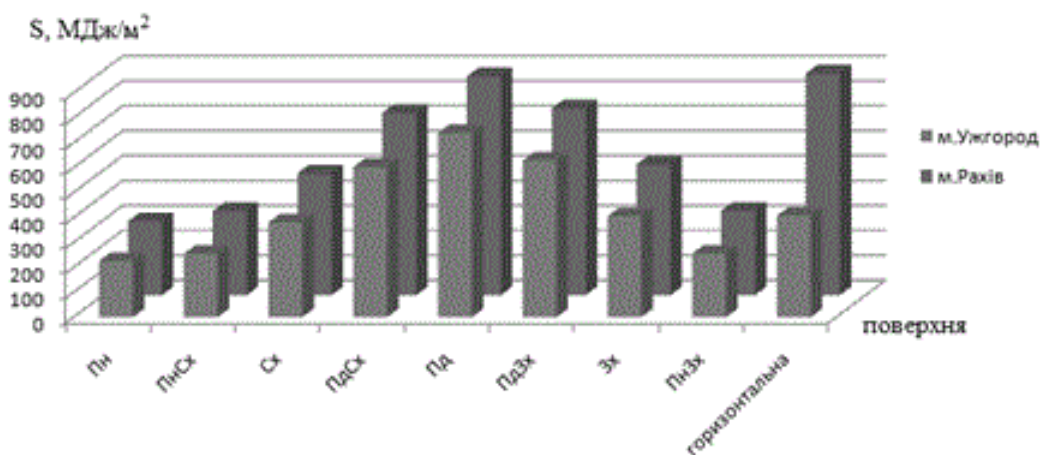


Рис. 1. Сума сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності

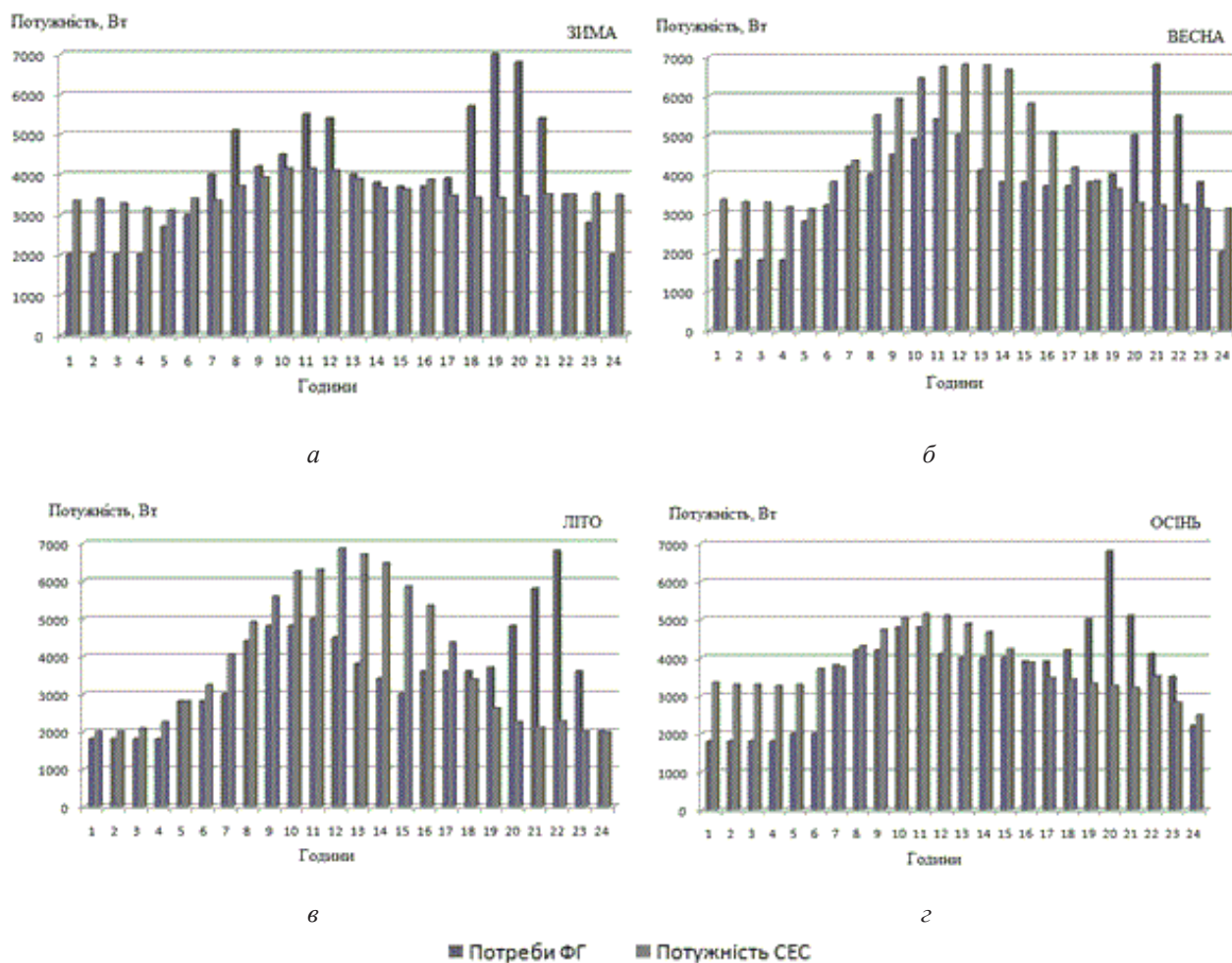


Рис. 2. Середньодобовий графік енергетичних потреб досліджуваних фермерських господарств за 2021 р.: а – зима; б – весна; в – літо; г – осінь.

декоративні рослини у тепличних умовах без надлишкових витрат;

- допоможуть підтримувати задану температуру повітря у виробничих приміщеннях: нагрівати у холодну пору року або охолоджувати у жаркі (спекотні) літні дні;

- покращить процес нагрівання води, яка використовується для різних цілей сільськогосподарської діяльності (напування тварин, полив садових та овочевих культур, тощо), що у свою чергу, пришвидшить час росту рослин та дозрівання продукції;

- підтримання необхідних температурних режимів, вологості повітря для належного зберігання сільськогосподарської продукції;

- можливе встановлення електропаркану для тваринницьких фермерських господарств чи науково-дослідних центрів;

- безпосереднє опалення виробничих приміщень;

- за рахунок отримання надлишкової енергії можна підвищити економіку виробництва за рахунок «зеленого тарифу» (Вартість 1кВт по «зеленому тарифу» становить 0,164 євро (з ПДВ), або 0,144 євро (без ПДВ)).

Освоєння СЕС у агросфері Закарпаття сприятиме ефективному раціональному використанню території всіх вертикальних підзон області (низинних, передгірних та гірських) в рекреаційно-туристичній діяльності та в напрямку агросфери без шкідливого впливу на довкілля. Перехресна робота СЕС та розвиток сільськогосподарської діяльності даного західного регіону країни дасть можливість покращити та стабілізувати екологічний і соціально-економічний стан краю.

**Головні висновки.** Клімат Закарпаття та інсоляція сонячної радіації області дозволяють ефективно використовувати СЕС у аграрній сфері у всіх зональних територіях краю. Сумарна за рік інсоляція висока як для низинних районів (3,16 кВт\*год/м<sup>2</sup>/добу), так і для гірських (2,94 кВт\*год/м<sup>2</sup>/добу). Для домогосподарств та невеликих фермерських господарств області достатнім є встановлення СЕС потужністю 20-30 кВт, окупність яких складає 4-6 років.

У процесі планування встановлення СЕС варто враховувати кут нахилу поверхні та вагу сонячних батарей. СЕС вагою до 170 кг можна встановлювати на поверхні робочих будівель або споруджених

теплиць дотримуючись кута нахилу 40° для максимальної інсоляції сонячних променів на поверхні конструкції. Важливим є врахування матеріалу, з якого вироблено дах та вагу системи кріплення сонячних батарей. СЕС, вагою понад 170 кг доцільніше встановлювати на земельних ділянках не сільськогосподарського призначення, малоефективних територіях або ж на ділянках, відведених для садівництва (тобто перехресна робота СЕС та вирощування рослинних культур).

Залучення СЕС у сільськогосподарську діяльність Закарпаття дозволить господарствам бути енергоне залежними та вирішити ряд агрономічних потреб: збільшення урожайності культур, вирощуваних у тепличних умовах, нагрівання води (необхідної для поливу), зберігання та осушення зернових культур, зберігання корму для тварин, опалення приміщень, тощо.

Освоєння СЕС потужністю 20-30кВт в рік у агросфері Закарпаття є економічно вигідним і екологічно безпечним. Такий вид роботи фермерських

господарств сприятиме ефективному раціональному використанню і низинних, і гірських земель не тільки в рекреаційно-туристичній діяльності, а також і в напрямку агросфери без шкідливого впливу на довкілля. Одночасне використання СЕС з розвитком сільськогосподарської діяльності (рослинництво, садівництво, тваринництво) даного регіону дасть можливість покращити і соціально-економічний стан краю, і його екологічний стан.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Здобуті результати досліджень можуть бути використані для моделювання процесів розвитку сільськогосподарської чи рекреаційної діяльності в Закарпатті та інших регіонах Карпат із застосуванням СЕС; як корисна інформація для власників сільськогосподарських ділянок (домогосподарств чи фермерських господарств) та органів місцевого самоврядування щодо запобігання погіршенню екологічного стану територій певної місцевості та покращення економіки краю.

### Література

1. Департамент екології природних ресурсів. Доповідь. Про стан навколишнього середовища Закарпатської області за 2018 рік. *Ужгород*: 2019, С. 158.
2. Sen Z. Solar energy in progress and future research trends. *Progress in Energy & Combustion Science*. 2004. 30. p. 367-416.
3. Бекиров Э.А., Сопов И.В., Межитов Р.С. Об эффективности использования фотоэлектрических преобразователей для автономного электроснабжения зданий. *Відновлювальна енергетика*, 2006. №2. С. 33-36.
4. Нечаева Т.П., Шульженко С.В., Сас Д.П., Парасюк М.В. Фактори екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля. *Проблеми загальної енергетики*. 2008. № 18. С. 54 – 60.
5. Лях В.В. Вопросы перспективного развития распределительных электрических сетей напряжением 0,38-154 кВ. *Электрические сети и системы*. 2003. № 2. С. 8-13.
6. Котлер В.Р., Сосин Д.В. Солнечная энергетика и проблемы экологии. *Экология производства*. 2008. № 1. С. 14–15.
7. Підліпний Ю.В. Економічний аналіз ресурсної бази перспективного розвитку економіки Карпатського регіону. *Науковий вісник Херсонського національного університету. Серія: Економічні науки*. 2016. 17 (3). 82-87.
8. Топольний Ф., Гелевера О., Моспан С., Моспан Г., Чепур С. Екологічні проблеми сільського господарства Карпат. *Праці наукового товариства ім. Шевченка*. 2003. С. 351-359.
9. Голик О.П., Жесан Р.В. Розрахунок основних параметрів фотоелектричної системи для автоматизації енергопостачання автономного споживача в умовах Кіровоградського регіону. *Відновлювана енергетика XXI століття: матеріали ІХ міжнародної конф.*, 15-19 вересня 2008 р., АР Крим, с.м.т. Миколаївка. Київ: ТОВ «Віол принт». 2008. С. 111-113.
10. Голик О.П., Жесан Р.В., Степанова Я.В. Аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб автономного споживача за рахунок відновлюваних джерел енергії. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2012. 25 (II). С. 155-173.
11. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>