

ВИМОГИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЙ ФОТОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

В.Ф. Резцов, чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, **Т.В. Суржик**, канд. техн. наук, **В.О. Пундєв**, **В.І. Шевчук**, **Л.А. Кирнос**, **І.О. Шейко**

Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
02094, вул. Гната Хоткевича, 20А, м. Київ, Україна.

В статті подано детальний поетапний аналіз всього циклу створення та функціонування фотоелектричних станцій в Україні з прив'язкою його до вимог щодо дотримання та забезпечення екології та охорони навколишнього природного середовища. Проаналізовано всі основні етапи, починаючи з того, на яких землях можна розміщувати фотоелектричні станції, яке обладнання необхідно переважно використовувати, як доцільно експлуатувати ці станції та закінчуючи виведенням їх з експлуатації та утилізацією складових частин станцій і рекультивацією території. Тут також досконально опрацьовано нормативно-правову та рекомендаційну документацію, що є та діє в Україні за екологічною та природоохоронною на- правленістю. При цьому враховано також і прогнозування екологічних ризиків, проведення державного моніторингу навколишнього природного середовища, врахування віддалених екологічних наслідків, щоб вплив діяльності людини на довкілля, техноло- гічне навантаження на природне середовище були мінімальними. На основі проведеного аналізу нормативно-правової та ре- комендаційної документації з екологічної та природоохоронної проблематики та її дотримання з прив'язкою до фотоеле- ктричних станцій, що є обов'язковим за умови проектування, будівництва та експлуатації ФЕС, розроблено методичні реко- мендації «Комплексні заходи та рекомендації зі зменшення впливу фотоелектричних станцій на довкілля». Бібл. 4, табл. 1.

Ключові слова: екологія, охорона навколишнього природного середовища, фотоелектрична станція, утилізація, рекультивація.

REQUIREMENTS FOR PROVIDING ENVIRONMENTAL FACTORS IN IMPLEMENTATION OF PHOTO ENERGY TECHNOLOGIES IN UKRAINE

V. Ryzetsov, corresponding member of the NAS of Ukraine, doctor of technical science, **T. Surzhyk**, candidate of technical science, **V. Pundiev**, **V. Shevchuk**, **L. Kyrnas**, **I. Sheiko**

Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine,
02094, 20A Hnata Khotkevycha St., Kyiv, Ukraine.

The article provides a detailed step-by-step analysis of the entire cycle of creation and operation of photovoltaic power plants in Ukraine, with reference to its requirements for environmental compliance and protection of the environment. All the basic steps have been analyzed, starting with the lands on which photovoltaic stations can be located, what equipment should be used primarily, how appropriate it is to operate these plants and ending with their decommissioning and disposal of the constituent parts of the stations and the reclamation of the territory. It also thoroughly elaborates the legal and regulatory documentation that is and operates in Ukraine in terms of environmental and environmental protection. It also takes into account the forecasting of environmental risks, conducting state monitoring of the environment, taking into account the remote environmental consequences, to the impact of human activity on the environment, technological load on the environment were minimal. On the basis of the analysis of regulatory and legal documentation on environmental and environmental issues and its compliance with binding to photovoltaic power plants, which is mandatory for the design, construction and operation of the FES, developed methodological recommendations "Complex measures and recommendations for reducing environmental impact of photovoltaic plants". Ref. 4, table 1.

Key words: ecology, environmental protection, photoelectric station, utilization, reclamation.



В.Ф. Резцов
V. Ryzetsov

Відомості про автора: чл.-кор. НАН України, докт. техн. наук, професор, заступник директора з наукових питань, завідувач відділу сонячної енергетики в Інституті відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Харківський авіаційний інститут, факультет двигунів літальних апаратів, спеціальність – інженер-механік.

Наукова сфера: відновлювана енергетика.

Публікації: 306. 5 монографій, 20 патентів.

ORCID: 0000-0003-2926-1733

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Автор information: Corresponding Member of NAS of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director of Research, Head of Solar Energy Department, Institute of Renewable Energy of the National Academy the Sciences of Ukraine.

Education: Kharkiv Aviation Institute, Faculty of Aircraft Engine Engines, speciality – mechanical engineer.

Research area: renewable energy.

Publications: 306. 5 monographs, 20 patents.

ORCID: 0000-0003-2926-1733

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



T.В. Суржук
T. Surzhuk

Відомості про автора: кандидат технічних наук, вчений секретар Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Київський інженерно-будівельний інститут, спеціальність – теплогазопостачання та вентиляція.

Наукова сфера: відновлювана енергетика.

Публікації: 186. 2 монографії, 26 патентів.

ORCID: 0000-0002-1418-7748

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: Candidate of science, Science secretary in the Institute of Renewable Energy of the National Academy the Sciences of Ukraine

Education: Kyivs Engineering Building – Institute, specialty – gas-heating and ventilation

Research area: renewable energy.

Publications: 186. 2 monographs, 26 patents.

ORCID: 0000-0002-1418-7748

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



В.А. Пундєв
V. Pundiev

Відомості про автора: науковий співробітник відділу сонячної енергетики в Інституті відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Ворошиловградський машинобудівельний інститут, факультет електромашинобудування, спеціальність – електричні машини та апарати.

Наукова сфера: відновлювана енергетика, зокрема – сонячна енергетика.

Публікації: 25.

ORCID: 0000-0003-3750-8812

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: Research Associate of Solar Power Engineering Department of Institute of Renewable Energy at NAS of Ukraine.

Education: The Voroshilovgrad Machine-Building Institute in Electrical Machines and Devices.

Research area: renewable power in particular solar power.

Publications: 25.

ORCID: 0000-0003-3750-8812

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



В.І. Шевчук
V. Shevchuk

Відомості про автора: науковий співробітник відділу сонячної енергетики в Інституті відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Київський політехнічний інститут, електротехнічний факультет, спеціальність – електричні станції.

Наукова сфера: відновлювана енергетика, зокрема – сонячна фотоенергетика.

Публікації: 40.

ORCID: 0000-0002-4176-7799

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: Research Associate of Solar Power Engineering Department of Institute of Renewable Energy at NAS of Ukraine.

Education: The Kyiv Polytechnic Institute in Power Plants.

Research area: renewable power, in particular photovoltaics.

Publications: 40.

ORCID: 0000-0002-4176-7799

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net



Л.А. Кирнос
L. Kyrnas

Відомості про автора: головний архітектор проєктів відділу сонячної енергетики в Інституті відновлюваної енергетики НАН України; кваліфікаційний сертифікат №002053 «Архітектурно-об'ємне проєктування»; кваліфікаційний сертифікат №002092 «Розроблення містобудівної документації».

Освіта: Київський інженерно-будівельний інститут, архітектурний факультет, фах – архітектор.

Наукова сфера: енергоефективність архітектурно-будівельних об'єктів сонячної енергетики.

Публікації: 5.

ORCID: 0000-0003-2503-3071

Контакти: +38 (067) 649-06-68

e-mail: larakirnos@gmail.com

Author information: Chief Architect of the Solar Energy Projects Department at the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine; qualification certificate №002053 "Architectural-design", qualification certificate №002092 "Development of city-planning documentation".

Education: Kyiv Engineering and Building Institute, Faculty of Architecture, specialty – architect.

Research area: Energy efficiency of architectural and construction objects of solar energy.

Publications: 5.

ORCID: 0000-0003-2503-3071

Contacts: +38 (067) 649-06-68

e-mail: larakirnos@gmail.com



І.О. Шейко
I. Sheiko

Відомості про автора: провідний інженер відділу сонячної енергетики в Інституті відновлюваної енергетики НАН України.

Освіта: Київський політехнічний інститут, факультет автоматизації та приладобудування, спеціальність – електронні обчислювальні машини.

Наукова сфера: відновлювана енергетика, зокрема – сонячна енергетика.

Публікації: 3.

ORCID: 0000-0002-5770-3677

Контакти: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Author information: leading associate of Solar Power Engineering Department of Institute of Renewable Energy at NAS of Ukraine.

Education: Kiev Polytechnic Institute, Faculty of Automation and Electrical Equipment, specialty – electronic machined. Faculty of Automation and Instrumentation, specialty – electronic computers.

Research area: renewable power in particular solar power.

Publications: 3.

ORCID: 0000-0002-5770-3677

Contacts: +38 (044) 206-28-09

e-mail: renewable@ukr.net

Вступ. Національним планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року, який розроблено в Держенергоефективності на виконання міжнародних зобов'язань України і затверджено Кабінетом Міністрів України Розпорядженням № 902-р від 01.01.2014, передбачено збільшення встановленої потужності фотоелектричних станцій (ФЕС) до 2020 року до 2300 МВт (виробництво електроенергії за 2020 рік – до 2420 ГВт·год) [1]. Було заплановано дуже сміливе стрімке зростання впровадження ФЕС в Україні.

Тільки у квітні-червні 2019 року в Україні введено в дію 656 мегават потужностей відновлюваних джерел енергії, що в шість разів більше, ніж за аналогічний період минулого року, з них – 568,3 МВт це – ФЕС. І вже станом на кінець першого півріччя 2019 року встановлена потужність об'єктів ФЕС в Україні досягла 2640,4 МВт [2], що значно перевищило заплановані на 2020 рік показники. Це стало можливим завдяки врахуванню досвіду з впровадження фотоелектричних станцій в європейських країнах зі схожим рівнем сонячного випромінювання, світовій тенденції постійного зниження собівартості будівництва ФЕС внаслідок розвитку технологій, вдосконалення технології введення в експлуатацію нових потужностей ФЕС.

Але разом з усе зростаючими темпами впровадження об'єктів ФЕС, розвиток фотоенергетики має здійснюватись із неухильним дотриманням екологічних принципів та законів, що діють в Україні і які передбачають аналіз і прогнозування екологічних ризиків, проведення державного моніторингу навколишнього природного середовища, врахування віддалених екологічних наслідків, щоб вплив діяльності людини на довкілля, технологічне навантаження на природне середовище були мінімальними.

Постановка завдання. Автори поставили перед собою задачу в цій публікації досконально зупинитись на висвітленні та аналізі існуючих та діючих в Україні екологічних принципів та законів, щоб застерегти від порушень та націлити на беззастережне їх виконання всіх, хто зацікавлений та дотичний до розвитку фотоенергетики – хто займається проектуванням, будівництвом, впровадженням та експлуатацією ФЕС.

Виклад основного матеріалу. Охорона навколишнього природного середовища – це нова форма у взаємодії людини й природи, породжена в сучасних умовах. Вона являє собою систему державних і суспільних заходів (техно-

логічних, економічних, адміністративно-правових, просвітницьких, міжнародних), спрямованих на гармонічну взаємодію суспільства й природи, збереження й відтворення природних ресурсів. Сьогодні екологічні проблеми стоять у ряді найважливіших і визначають рівень благополуччя всієї світової цивілізації й, зокрема, нашої країни.

Фотоелектричні станції є досить екологічним джерелом електричної енергії і їх використання в якості енергоресурсу має багато переваг, але є й деякі недоліки, які можуть впливати на довкілля. Це зобов'язує, ще починаючи з вибору площадки будівництва ФЕС, враховувати вимоги щодо охорони довкілля, а також і здоров'я людини.

При проведенні досліджень з цієї проблематики було підготовлено методичні рекомендації «Комплексні заходи та рекомендації зі зменшення впливу фотоелектричних станцій на довкілля», де детально відображено екологічні принципи, дотримання яких є обов'язковим за умови проектування, будівництва та експлуатації ФЕС.

Більшість можливих негативних впливів на довкілля та їх недопущення при виборі майданчика фотоелектричної станції детально описано в [3], починаючи з пошуку земельної ділянки з наміром її використання в якості площадки для будівництва ФЕС, і закінчуючи прийняттям остаточного рішення щодо техніко-економічної доцільності розміщення площадки ФЕС та оформлення пакету документів на проектування, будівництво та введення в експлуатацію станції.

Також досить детально природоохоронні вимоги за умови вибирання площадок для будівництва ФЕС під час виконання попереднього оцінювання щодо придатності їх для перспективного освоєння викладені в [4].

Розроблені та подані в цій статті методичні рекомендації «Комплексні заходи та рекомендації зі зменшення впливу фотоелектричних станцій на довкілля» є продовженням та деталізацією попередніх робіт. В цих рекомендаціях використані як попередні напрацювання, так і результати розробок проектів будівництва ФЕС в Україні та проведення їх фахових будівельних експертиз, а також враховані недоліки, що були виявлені на ФЕС, які вже введені в експлуатацію в Україні і діяльність яких відслідковується спеціалістами Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

Перелік ефективних заходів і рекомендацій зі зменшення впливу на довкілля в процесі проходження етапів проектування, будівництва та за умов експлуатації ФЕС зведений та представлений в таблиці 1.

Таблиця 1. Перелік ефективних заходів і рекомендацій зі зменшення впливу на довкілля на етапах проектування, будівництва та за умов експлуатації фотоелектричних станцій.

Table 1. List of effective measures and recommendations for reducing the environmental impact at the stages of design, construction and operation of photovoltaic plants.

№	Найменування заходу	Рекомендації
1	2	3
1	Використання для будівництва ФЕС переважно земель несільськогосподарського призначення або сільськогосподарських земель гіршої якості	<p>Для будівництва ФЕС повинні використовуватись землі у відповідності до ЗУ №2480 від 09.07.2010. За потреби має змінюватись цільове призначення земель.</p> <p>Якщо майданчик будівництва знаходиться поблизу території з обмеженим режимом господарської діяльності (території та об'єкти природно-заповідного фонду, охоронні зони тощо), то згідно із ДБН А.3.1-5:2009 будівельні роботи мають здійснюватися відповідно до документів, що визначають статус цієї території, законів та кодексів України щодо охорони навколишнього середовища із дотриманням вимог, що містяться у комплексному висновку державної інвестиційної експертизи проектної документації.</p>
2	Зняття, перенесення і складання верхнього родючого шару ґрунту на території будівництва ФЕС з ціллю подальшого використання для рекультивациі земель	<p>Будівництво нових доріг та будівельних майданчиків, прокладання в траншеях електричних мереж, спорудження фундаментів під обладнання ФЕС потребують зрізання верхніх шарів ґрунту, що веде до знищення зелених насаджень та порушення середовища мікрофауни, яка населяє дані ґрунти. В разі будівництва ФЕС великої потужності зняття та переміщення ґрунтів повинно здійснюватися на великих площах, що може супроводжуватися зміною властивостей масивів (зміною геологічної будови ландшафту), механічним порушенням середовища флори, порушенням середовища перебування фауни та частковим знищенням мікрофауни тощо. З метою запобігання такого впливу (особливо, якщо землі відносяться до земель придатних або обмежено придатних до землевикористання), на перших етапах будівництва верхній родючий шар глибиною 10-15 см повинен зрізатися та переноситися в місця його тимчасового зберігання – на спеціально підготовлені площадки. Таким чином структура ґрунту, його вологість та склад мікрофауни майже не порушуються. По закінченні робіт потрібно виконувати рекультивацию земель, комплекс робіт якої направлений на відновлення продуктивності та цінності земель.</p> <p>Рекультивациія виконується в два етапи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) технічний етап (зняття землі на глибину 10-15 см); 2) біологічний етап рекультивациія земель (відновлення земель). <p>Зняті ґрунти можуть використовуватися для благоустрою та озеленення території ФЕС або вивозитися (у відповідності до укладеного договору) для подальшого цільового використання в інші місця згідно із ГОСТ 17.5.1.01-83 та ГОСТ 17.5.3.05-84.</p>
3	Узгодження в установленому порядку знесення деревинно-чагарникової рослинності	<p>На будь якій території будівництва забороняється, згідно із ЗУ № 0591 від 09.04.1999 та ДБН А.3.1-5:2009, не узгоджене у встановленому порядку знесення дерев, чагарників тощо. Знесення зелених насаджень потрібно компенсувати рівноцінним насадженням нових, зокрема, при виконанні повного комплексу робіт з благоустрою та озеленення території площадки. Цінні породи дерев за наявності мають бути пересажені на інші місця.</p>
4	Використання безпечного для довкілля ефективного обладнання ФЕС та технологій	<p>В проекті потрібно застосовувати безпечно для довкілля ефективне обладнання ФЕС і технології; забезпечувати раціональні режими його експлуатації.</p> <p>Основним обладнанням фотоелектричної станції є фотоелектричні модулі та інвертори. <i>ФЕМ.</i> ФЕМ, які випускаються промисловістю і сертифіковані за міжнародними стандартами IEC 61215:2005; IEC 61646:2008; IEC 61730-1; IEC 61730-2, є стійкими до зовнішніх кліматичних чинників, таких як дощ, сніг, град, вітер, морський сольовий туман, висока вологість та забрудненість повітря, висока температура та концентрований рівень ультрафіолетового випромінення. ФЕМ, пожежо- і вибухобезпечні, не виділяють у навколишнє середовище шкідливих речовин, а також не мають ніяких обмежень за умовами зберігання, використання та оточуючому середовищу.</p> <p><i>Інвертори.</i> Інвертори, що випускаються промисловістю, сертифіковані за міжнародними стандартами IEC 62103:2005; IEC 60721:2008; IEC 60529:2004; IEC 60664:2007.</p>
5	Забезпечення підвищеної протипожежної безпеки ФЕС при використанні в її складі тонкоплівкових ФЕМ на базі CdTe/CdS сонячних елементів та сонячних елементів на базі GaAs	<p>Найбільш небезпечними є тонкоплівкові ФЕМ на базі CdTe/CdS (кадмій – телур/кадмій – сірка) сонячних елементів з причин наявності в їх складі важкого металу кадмію (вважається кумулятивною отрутою). Тому, при використанні ФЕМ, у складі яких є сполуки CdTe та CdS, в яких за умов руйнування або поламки модуля отруйні речовини можуть з'явитись в навколишньому середовищі (температура випаровування сполуки CdTe перевищує 1000°C, а CdS – 1700°C), повинна бути в кілька раз підвищена протипожежна безпека.</p> <p>Слід розглянути також ФЕМ на базі GaAs (арсенід галієвих) фотоелементів, які відносяться до сполук, що при температурі більше 600°C розкладаються з виділенням миш'яку (As). Як і у попередньому випадку, при їх використанні повинна бути підвищена протипожежна безпека.</p>

1	2	3
6	<p>Забезпечення обов'язкової утилізації на спеціалізованих підприємствах тонкоплівкових ФЕМ на базі CdTe/CdS сонячних елементів та на базі GaAs сонячних елементів у разі закінчення терміну їх експлуатації, пошкодження тощо</p>	<p>Використані, поламани або пошкоджені ФЕМ повинні бути утилізовані у відповідності з діючим законодавством.</p> <p>В обов'язковому порядку підлягають утилізації у відповідності до ДСанПіН 2.2.7.029-99 фотоелектричні модулі:</p> <ul style="list-style-type: none"> – які мають в своєму складі небезпечні хімічні елементи (кадмій (Cd), миш'як (As)) тощо; – тонкоплівкові ФЕМ з фотоелементами, до складу яких входять: <ol style="list-style-type: none"> 1) сполуки кадмій-телур (CdTe), кадмій-сірка (CdS); 2) рідкоземельні хімічні елементи (телур (Te), індій (In), галій (Ga)) у складі сполук CdTe, CuInGa тощо. <p>Транспортування модулів до місця призначення повинно здійснюватись у відповідності до ГОСТ 15150 з дотриманням всіх правил і норм.</p>
7	<p>Створення в Україні функціональної структури зі збору та переробки фотоелектричних модулів</p>	<p>В Україні підприємства з переробки ФЕМ відсутні. Активне застосування фотоелектричних модулів передбачатиме виникнення з часом проблеми їх утилізації, тому необхідно створення в Україні функціональної структури зі збору та переробки фотоелектричних модулів.</p>
8	<p>Застосування сучасних фотоелектричних модулів з елементами, що виготовлені з темних світлопоглинаючих матеріалів і покриті шаром противіддзеркалюючого матеріалу</p>	<p>Відбиття світла від поверхонь ФЕМ може здійснювати вплив на навколишнє природне та соціальне середовище, зокрема на роботу аеродромів, безпечне функціонування швидкісних автомагістралей, наземних ліній метрополітену, шляхів сезонної міграції перелітних птахів тощо.</p> <p>Для зменшення віддзеркалення в проєкті потрібно застосовувати сучасні фотоелектричні модулі, в яких використовуються елементи, виготовлені з темних світлопоглинаючих матеріалів і покриті шаром противіддзеркалюючого матеріалу (наприклад, спеціальною синтетичною плівкою), що забезпечує низький рівень відбиття сонячного світла – 2% (максимум – 4%).</p>
9	<p>Розміщення великих ФЕС поза шляхами сезонної міграції перелітних птахів</p>	<p>При розміщенні ФЕС необхідно враховувати шляхи сезонної міграції перелітних птахів, оскільки віддзеркалення від великих масивів ФЕМ (десятки або навіть сотні га) сучасних потужних ФЕС може суттєво впливати на сезонну міграцію перелітних птахів, дезорієнтуючи та (або) відлякуючи їх, що може призвести до зміни ustalених маршрутів міграції та навіть до загибелі птахів, якщо станції розташовані на шляху їх перельотів.</p>
10	<p>Виключення можливості при виборі площадки розміщення дахової або стінової ФЕС повторного віддзеркалення сонячного світла</p>	<p>При виборі місця розміщення дахової або стінової ФЕС необхідно виключити можливість повторного віддзеркалення сонячного світла (наприклад, від зашкленних дзеркальними декоративними панелями фасадів будівель), оскільки це може привести до нагрівання або навіть загорання предметів, які знаходяться в зоні дії цих променів.</p>
11	<p>Виконання розгалуження електромереж по території станції в основному в земляних траншеях</p>	<p>Прокладання внутрішніх електричних мереж станції доцільно здійснювати за допомогою підземних електричних кабельних мереж, що забезпечить нормальні умови експлуатації, запобігатиме їх ушкодженню, а також зменшить негативний вплив на обслуговуючий персонал та на птахів і тварин.</p> <p>При цьому прокладати кабельні лінії потрібно на глибину від планової нульової відмітки території, згідно з ПУЕ-Х.: Вид-во «Форт», 2010.</p>
12	<p>Застосування у високовольтних кабельних лініях електропередачі ФЕС електромагнітних екранів на основі матеріалів з високою електричною провідністю</p>	<p>Встановлено, що у внутрішніх кабельних електричних мережах ФЕС існують вищі гармонійні складові напруг та струмів. Це може призвести до негативного впливу на оточуюче середовище та обслуговуючий персонал ФЕС.</p> <p>Для обмеження негативного впливу вищих гармонійних складових на оточуюче середовище та обслуговуючий персонал ФЕС у кабельних лініях, у відповідності до ДсанПіН 239; СанПіН 2971-84, потрібно:</p> <ul style="list-style-type: none"> – встановлювати напівпровідникові фільтруючі пристрої для обмеження амплітуди гармонік; – застосовувати електромагнітні екрани на основі матеріалів з високою електричною провідністю.
13	<p>Встановлення трансформаторів в закритих, вентиляваних та заземлених металевих корпусах, а також їх розміщення в бетонних вентиляваних корпусах</p>	<p>Одним із потужних джерел електромагнітного впливу та шумового забруднення на навколишнє середовище при експлуатації ФЕС є трансформаторні підстанції.</p> <p>Для зменшення електромагнітного впливу від трансформаторних підстанцій, згідно із ДсанПіН 239; СанПіН 2971-84; ГОСТ 12.1.051-90 ССБТ; ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ необхідно застосовувати екранування.</p> <p>Для зменшення негативної дії шумового забруднення від трансформаторних підстанцій, у відповідності до СНиП П-12-77; ГОСТ 12.1.003-83 потрібно застосовувати вентилявані огорожувальні конструкції із звукоізоляційних матеріалів (бетону, залізобетону, «сандвіч» панелей тощо).</p>

1	2	3
14	Встановлення масляних трансформаторів в спеціальних корпусах, дно яких оснащено піддоном для збору масла в аварійній ситуації	У разі використання в проєкті масляних трансформаторів трансформаторне масло при несприятливих умовах може стати джерелом шкідливого впливу на навколишнє середовище (містить поліхлорбифеніл, який належить до отруйних синтетичних органічних сполук – хлорованих вуглеводнів). Для уникнення розтікання трансформаторного масла і виключення забруднення ґрунту трансформатори потрібно встановлювати в спеціальних корпусах, дно яких оснащено піддоном для збору масла у випадку аварійної ситуації.
15	Встановлення інверторів в закритих, вентиляваних та заземлених металевих корпусах, а також їх розміщення в вентиляваних бетонних корпусах	<p>Проєктом ФЕС мають застосовуватись інвертори, сертифіковані за міжнародними стандартами. Вплив інвертора на навколишнє середовище – це незначні електромагнітні поля та шумове забруднення.</p> <p>Для виключення негативного впливу на обслуговуючий персонал станції (у відповідності до ДНАОП 0.03-3.30-96; ДсанПіН 239; ГОСТ 12.1.051-90 ССБТ), а також, з ціллю збільшення строку служби та зменшення негативного впливу навколишнього середовища на інвертор при довгостроковій його експлуатації, інвертори потрібно встановлювати в закритих, вентиляваних та заземлених металевих корпусах. Електромагнітне поле, що утворюється навколо інвертора, екранується металевими поверхнями замкнутого та заземленого корпусу.</p> <p>Для зменшення шумового забруднення інвертори потрібно (у відповідності до СНиП П-12-77; ГОСТ 12.1.003-83) розміщувати в вентиляваних бетонних (залізобетонних, із «сандвіч» панелей тощо) корпусах.</p>
16	Встановлення навколо металевих (бетонних) корпусів трансформаторних підстанцій та інверторів охоронних зон по їх периметрам	Для забезпечення нормальних умов експлуатації, запобігання ушкодження, а також для зменшення негативного впливу від трансформаторних підстанцій та інверторів на обслуговуючий персонал та довілля, необхідно, у відповідності до ДНАОП 0.03-3.30-96; ДсанПіН 239; СанПіН 2971-84; ГОСТ 12.1.051-90 ССБТ; ГОСТ 12.1.006-84; ГОСТ 12.1.002-84; ДСП 173-96, встановлювати охоронні зони.
17	Встановлення вздовж усіх ліній електропередачі, що прокладені в землі, охоронних зон. Встановлення вздовж усіх повітряних ліній електричних мереж охоронних зон	<p>Для забезпечення нормальних умов експлуатації, запобігання ушкодження, а також для зменшення негативного впливу на обслуговуючий персонал та довілля необхідно, у відповідності до ДНАОП 0.03-3.30-96; ДсанПіН 239; СанПіН 2971-84; ГОСТ 12.1.051-90 ССБТ; ГОСТ 12.1.006-84; ГОСТ 12.1.002-84; ДСП 173-96:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановлювати охоронні зони уздовж усіх кабельних ліній електропередачі, що прокладаються в землі по території ФЕС. 2. Встановлювати охоронні зони уздовж усіх повітряних ліній електропередачі на території ФЕС.
18	Забезпечення сервісного обслуговування основного технологічного обладнання спеціалізованими організаціями	<p>Виробничі відходи, що постійно утворюються внаслідок експлуатації фотоелектричної станції, як правило, відсутні.</p> <p>Проєктом будівництва ФЕС повинні бути застосовані сучасні технології, які забезпечуватимуть максимально можливе скорочення виникнення виробничих відходів (тільки в процесі сервісного обслуговування, або ремонту обладнання та інших складових частин станції).</p> <p>До засобів, що сприяють зменшенню виробничих відходів, відноситься сервісне обслуговування основного технологічного обладнання спеціалізованими організаціями – виробниками обладнання, що дозволить строго дотримуватись виробничого регламенту робіт, застосовувати високоефективне налагоджувальне обладнання, високоякісні комплектуючі та матеріали для змазки. Сервісна організація повинна проводити, за необхідності (вихід із ладу) заміну обладнання, а також заміну витратних матеріалів, у тому числі трансформаторного масла (вивозити трансформаторне масло на утилізацію).</p>
19	Використання в технологічному процесі (очищення модулів від забруднень) технічної води без хімічних та інших домішок	<p>Для забезпечення максимальної продуктивності ФЕМ їх поверхні необхідно періодично очищати від пилу та інших забруднень. Подібні профілактичні роботи повинні проводитись, як мінімум, два рази на рік, але їх періодичність може бути іншою – в залежності від умов оточуючого середовища. Для очистки встановлених на великій площі ФЕМ потрібно використовувати великі об'єми води, що може негативно вплинути на ґрунти, поверхневі і підземні води тощо. Для зменшення впливу від технологічних процесів ФЕС на навколишнє середовище, у відповідності до СанПіН-4630-88; ГОСТ 17.4.3.02-85 (2003); ГОСТ 17.4.3.06-86, очищення поверхонь ФЕМ потрібно виконувати чистою технічною водою. З метою уникнення шкідливих впливів на поверхневі води, в технологічному процесі необхідно використовувати воду без хімічних домішок та інших компонентів. В такому разі відпрацьована технічна вода та стоки будуть забруднюватися в основному пилом з території ФЕС.</p> <p>Очищення поверхонь потужних великих ФЕМ доцільно виконувати за допомогою моторизованої техніки, оснащеної прибиральним обладнанням та баком з технічною водою і мотопомпою (яка забезпечує подачу води). Щоб уникнути пошкодження поверхонь ФЕМ, потрібно використовувати спеціальне механічне устаткування, яке забезпечить обережне їх очищення, наприклад, прості щітки з телескопічними держаками.</p>

1	2	3
20	Виконання організованого відводу дощових, снігових та технологічних стоків води та їх очищення за необхідності	<p>Для запобігання процесам ерозійного змиву в періоди інтенсивного випадіння атмосферних опадів, сніготанення або періодичного очищення фотоелектричних модулів проектом будівництва ФЕС, у відповідності до ДБН А.3.1-5:2009; СанПіН-4630-88; ГОСТ 17.4.3.02-85 (2003); ГОСТ 17.4.3.06-86, потрібно передбачати комплекс заходів по регулюванню та відведенню поверхневих стоків (дощові, снігові та технологічні стоки води) з території об'єкту за межі ділянки ФЕС. За необхідності проводиться очищення забруднених стічних вод.</p> <p>Забруднені поверхневі води з території ФЕС підлягають механічному очищенню на очисних спорудах зливових стоків з доведенням показників забруднення зливових вод до нормативних (у відповідності до ГОСТ 17.4.3.05-86).</p>
21	Використання очищеної технічної стічної води для природного поливу зелених насаджень	<p>Очищені технічні стічні води доцільно використовувати для природного поливу газонів та зелених насаджень на території ФЕС. Такій захід сприятиме збереженню водних ресурсів та зменшенню собівартості експлуатації ФЕС.</p>
22	Забезпечення збору в спеціальних контейнерах господарсько-побутових (та інших) відходів та вивіз їх за межі території ФЕС на відповідні об'єкти	<p>Для зменшення впливу відходів діяльності ФЕС на навколишнє середовище, у відповідності до ЗУ №187/98-ВР від 05.03.1998, потрібно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Забезпечувати сервісне обслуговування основного технологічного обладнання спеціалізованими організаціями. 2. Облаштувати спеціальні майданчики для контейнерів з побутовим сміттям. 3. Збирати побутові відходи у спеціальні контейнери та періодично вивозити їх на відповідні підприємства для утилізації або іншого поводження з ними. Збирати тверді відходи потрібно окремо (виконуючи їх сортування) відповідно до санітарних норм і правил утримання територій.
23	Забезпечення протипожежних та противибухових заходів у відповідності до діючих норм з урахуванням сейсмічності району розміщення ФЕС	<p>Проект має бути розроблений з урахуванням правил з протипожежної безпеки. Категорія та клас вибухової та вибухопожежної небезпеки повинні визначатись виходячи з прийнятих в проекті технологічних процесів і застосовуваних матеріалів згідно діючих норм.</p> <p>Аварійні ситуації, що матимуть вплив на оточуюче середовище, можуть виникнути внаслідок стихійного лиха.</p> <p>Аварійні ситуації можуть також виникнути при порушенні обслуговуючим персоналом виробничих інструкцій та технологічного регламенту.</p> <p>При розробці проекту потрібно враховувати можливість нестандартних ситуацій при:</p> <ul style="list-style-type: none"> – відключенні електроенергії на тривалий період в центральній мережі електропостачання району експлуатації ФЕС; – виходу з ладу кожного з видів обладнання та устаткування. <p>При виникненні аварійної ситуації проектом мають бути передбачені заходи, що запобігатимуть забрудненню навколишнього середовища:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. При виникненні нештатних (аварійних) ситуацій на фотоелектричній станції система захисту і реагування за допомогою спеціального програмного забезпечення повинна передати інформацію з відображенням місця, часу і суті того, що сталося, на пульт оператора ФЕС та до вищестоящої інстанції. Також має бути передбачена функція контролю за мережею: <ul style="list-style-type: none"> – обмеження потужності та динамічний контроль; – повне відключення станції від мережі, за необхідності. 2. Проектом мають бути передбачені необхідні протипожежні заходи згідно діючих норм протипожежної безпеки. 3. Проектні рішення повинні виконуватись із урахуванням характеристик сейсмічності району розміщення ФЕС. <p>Потрібно також враховувати можливість надзвичайних ситуацій в результаті аварій на поруч розміщених потенційно небезпечних об'єктах, в тому числі на транспорті.</p>
24	Забезпечення техніки безпеки та виробничої санітарії у відповідності до діючих норм	<p>Проект має бути розроблений з урахуванням правил з техніки безпеки, протипожежної безпеки, виробничої санітарії, вимог ПУЕ, Держтехнагляду, діючих норм і правил з техніки безпеки.</p> <p>В проекті обов'язково має бути передбачено виконання вимог, які враховують умови безпеки праці, попередження травматизму, професійних захворювань, пожеж і вибухів (СНиП III-4-80; ДНАОП 0.00-1.21-98).</p> <p>Умови праці при монтажі, експлуатації та ремонті обладнання ФЕС повинні задовольняти діючим вимогам.</p>
25	Огородження території ФЕС, оснащення засобами охоронної сигналізації та відеоспостереження	<p>З метою забезпечення техніки безпеки, зокрема для запобігання потраплянню людей і тварин під прямий вплив (напругу) ліній електропередачі електростанції, територію ФЕС потрібно огороджувати. Для забезпечення надійної роботи фотоелектричної станції проектом повинна передбачатись організація засобів охоронної сигналізації та відеоспостереження.</p>

1	2	3
26	Постійне якісне прибирання, благоустрій та озеленення території	По закінченні будівництва ФЕС потрібно виконати повний комплекс робіт з благоустрою та озеленення території, а в процесі її експлуатації – постійно утримувати територію в належному стані. При цьому, для вирішення деяких задач по обслуговуванню території ФЕС (наприклад: викіс трави на території станції влітку; прибирання снігу на території взимку; транспортування великих об'ємів води для очищення фотоелектричних модулів) доцільно використовувати моторизовану техніку.
27	Встановлення охоронної зони навколо фотоелектричної станції (по її периметру)	Для забезпечення нормальних умов експлуатації, запобігання ушкодження, а також для зменшення негативного впливу на довкілля необхідно встановлювати охоронну зону навколо фотоелектричної станції (по її периметру). Відповідно до діючих санітарних правил ДСП 173–96 та ДБН 360-92 енергетичні об'єкти, у тому числі фотоелектричні станції, не потребують встановлення нормативної санітарно-захисної зони (СЗЗ). Тому у кожному конкретному випадку розробляється розрахункова СЗЗ. Критерієм встановлення розміру СЗЗ є наявність шкідливих факторів на кордоні населеного пункту, які не повинні перевищувати гранично допустимі. Якщо СЗЗ навколо ФЕС встановлювати не потрібно, то у відповідності до нормативних документів ЗУ № 2480 від 09.07.2010, ДСП 173-96 та ДБН 360-92 встановлюється охоронна зона. Відстань від промислових об'єктів до найближчих населених має відповідати діючим санітарним нормам ДСП 173-96, однак вона повинна бути не менша, ніж мінімальна відстань, яка задовольняє вимоги пожежної безпеки у відповідності до ЗУ №3745-XII від 17.12.1993 та НАПБ А.01.001-2004.

Висновок. В роботі надано основні екологічні умови, які необхідно враховувати при проектуванні, будівництві та експлуатації фотоелектричних станцій з наданням відповідних нормативних та законодавчих документів. Ці матеріали будуть корисними для проєктантів, будівельників та обслуговуючого персоналу ФЕС.

1. Про національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.10.2014. № 902-Р.

2. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2019/06/27/649162/>.

3. Кирнос Л.А., Пундев В.О., Резцов В.Ф., Суржик Т.В., Шевчук В.І., Шейко І.О. Особливості визначення раціональних площадок для розміщення фотоелектричних станцій в Україні. Відновлювана енергетика. 2019. № 2. С.13-21.

4. Гамарко А.В., Матвійчук О.С., Пундев В.О., Суржик Т.В., Шевчук В.І., Яценко В.В. ДСТУ 8635:2016 «Геліоенергетика. Площини для фотоелектричних станцій. Приєднання до електроенергетичної системи». Введено 01.01.2017. К. ДП «УкрНДНЦ». 2016. 52 с.

REFERENCES

1. Pro natsionalny plan diy z vidnovlyvuvanoj energetyky na period do 2020 roku. [About the National Renewable Energy Action Plan for 2020]. Ordinance of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 01.10.2014. No. 902-P. [in Ukrainian].

2. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2019/06/27/649162/>. [in Ukrainian].

3. Kyrnos L.A., Pundev V.O., Reztsov V.F. Surjik T.V. Shevchuk V.I., Sheyko I.O. Osoblyvosti vyznachennya ratsionalnykh ploshchadok dlya rozmishchennya fotoelektrychnykh stantsiy v Ukraini. Vidnovlyvana energetika. 2019. No. 2. Pp. 13-21. [in Ukrainian].

4. Gamarko A.V., Matviichuk O.S., Pundev V.O., Surzhik T.V., Shevchuk V.I., Yatsenko V.V. DSTU 8635:2016 Helioenergetyka. Ploshchadki dlya rozmishchennya fotoelektrychnykh stantsiy. Pryednannya do elektroenergetychnoi systemy [Solar energy. Places for photovoltaic plants. Accession to the electric

power system]. Entered 01.01.2017. K. State Enterprise «UkrNDNTS». 2016. 52 p. [in Ukrainian].

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ

В.Ф. Резцов, чл.-корр. НАН Украины, докт. техн. наук, **Т.В. Суржик**, канд. техн. наук, **В.А. Пундев**, **В.И. Шевчук**, **Л.А. Кирнос**, **И.А. Шейко**

Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, 02094, ул. Гната Хоткевича 20а, г. Киев, Украина.

В статье представлено подробный поэтапный анализ всего цикла создания и функционирования фотоэлектрических станций в Украине с привязкой его к требованиям по соблюдению и обеспечению экологии и охраны окружающей природной среды. Проанализированы все основные этапы, начиная с того, на каких землях можно размещать фотоэлектрические станции, какое оборудование необходимо преимущественно использовать, как целесообразно эксплуатировать эти станции и заканчивая выводом их из эксплуатации и утилизацией составных частей станций и рекультивацией территории. Здесь также досконально проработано нормативно-правовую и рекомендательную документацию, которая есть и действует в Украине по экологической и природоохранной направленности. При этом учтено также и прогнозирование экологических рисков, проведение государственного мониторинга окружающей природной среды, учет отдаленных экологических последствий, чтобы влияние деятельности человека на окружающую среду, технологическая нагрузка на природную среду были минимальными. На основе проведенного анализа нормативно-правовой и рекомендательной документации по экологической и природоохранной проблематики и ее соблюдение с привязкой к фотоэлектрическим станциям, что является обязательным при проектировании, строительстве и эксплуатации ФЭС, разработано методические рекомендации «Комплексные меры и рекомендации по уменьшению воздействия фотоэлектрических станций на окружающую среду». Библ. 4, табл. 1.

Ключевые слова: экология, охрана окружающей природной среды, фотоэлектрическая станция, утилизация, рекультивация.

Стаття надійшла до редакції 30.10.19

Остаточна версія 18.12.19