

Гопайца І.К., студентка гр. 183м-22-1 III

Науковий керівник: Борисовська О.О., к.т.н., доцентка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

## АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СКЛАДОВИХ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Відновлювані джерела енергії є стійкими та корисними для розвитку сталої системи. Одним з перспективних альтернативних джерел енергії є сонячна енергія, яка генерується за допомогою сонячних панелей. Проте такий спосіб здобування енергії має і свої мінуси: однією з серйозних екологічних проблем може стати неправильна утилізація фотоелектричних панелей. Якщо після закінчення терміну служби сонячних панелей їх не утилізувати належним чином, це може призвести до вилуговування важких металів та втрати цінних ресурсів.

Для визначення небезпеки використовуваних для виготовлення сонячних фотоелементів хімічних сполук скористаємось методикою визначення класу небезпеки для людини, у повітрі, у ґрунті та у воді. Для пошуку гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони [1], класу небезпеки речовини у воді [2], та у ґрунті [3], скористаємось відповідною документацією для знаходження даної інформації, а також розрахунком індексу небезпеки речовин у ґрунтах. Основні сполуки, що використовуються для виготовлення сонячних панелей, наведені нижче.

*Арсенід галію (GaAs)* – неорганічна хімічна сполука галію та миш'яку, використовується для виготовлення фотоелементів в якості напівпровідника. *Оксид цинку (ZnO)* – це неорганічна сполука, використовується в тонкоплівкових сонячних панелях як прозорий провідний оксидний шар. *Телурид кадмію (CdTe)* – неорганічна хімічна сполука кадмію і телуру. В сонячних тонкоплівкових елементах використовується як напівпровідник. *Сульфід кадмію (CdS)* – це кристалічна неорганічна сполука, що при нагріванні утворює токсичні пари оксидів кадмію; використовується в тонкоплівкових сонячних панелях в якості поглинаючого шару. *Сульфід свинцю (PbS)* – неорганічна хімічна сполука свинцю і сірки, використовується в тонкоплівкових сонячних елементах як поглинаючий шар. *Селенід міді галію індію (CuGaInSe або CIGS)* – напівпровідникове з'єднання міді, індію, галію і селену. Твердий розчин CIGS відомий завдяки застосуванню в сонячних панелях другого покоління, перевагою яких є їхня гнучкість [4].

Фотоелементи, які містять у складі дані компоненти, варто правильно утилізувати, щоб хімічна речовина не потрапила до навколишнього середовища, оскільки вона зможе там накопичуватись і мігрувати, таким чином завдаючи шкоди довкіллю та живим організмам. Саме через це захоронення на сміттєзвалищах та полігонах не є докорінно правильним закінченням життєвого терміну фотоелементів. Натомість бажано розглянути такі методи як механічна, термічна, хімічна та лазерна переробка. Це допоможе залучити назад у виробничий процес необхідні хімічні елементи, які наразі знаходяться в дефіциті, а також зберегти ресурси, що витрачалися б на їх видобуток та первинну обробку. В ході визначення класів небезпеки речовин, що використовуються під час виробництва сонячних панелей, було встановлено, що більшість з них являються канцерогенними та мають I клас небезпеки (табл. 1).

Задля визначення, які з речовин є найбільш небезпечними, скористаємось методикою присвоєння умовних балів небезпеки.

Нехай I клас небезпеки відповідатиме 1 балу, II – 2 балам, і так далі.

Підсумки визначення класів небезпеки

Речовина	Клас небезпеки				Умовний бал небезпеки	Піктограми небезпек за GHS	Пояснення до піктограм
	для людини	у повітрі	у воді	у ґрунті			
GaAs	I	I	I	II	5		небезпека для здоров'я
ZnO	II	II	III	I	8		небезпека для довкілля
CdTe	I	I	II	I	5		небезпека для довкілля, токсичність
CdS	I	I	II	I	5		небезпека для здоров'я, токсичність
PbS	I	I	II	III	7		небезпека для здоров'я та довкілля, токсичність
CIGS	III	III	II	III	11		небезпека для здоров'я та довкілля

Розрахувавши сумарний умовний бал небезпеки (табл. 1), розташуємо речовини у порядку зменшення небезпеки,  $A(\min) \rightarrow B \rightarrow \dots \rightarrow F(\max)$ , де  $A(\min)$  – найбільш небезпечна речовина, а  $F(\max)$  – найменш небезпечна. Отримаємо наступний перелік: CdTe (5 балів)  $\rightarrow$  CdS (5 балів)  $\rightarrow$  GaAs (5 балів)  $\rightarrow$  PbS (7 балів)  $\rightarrow$  ZnO (8 балів)  $\rightarrow$  CIGS (11 балів). Тобто CdTe, CdS та GaAs є найбільш небезпечними із досліджених речовин і тому їх необхідно поступово виводити з експлуатації, а CIGS в свою чергу – найменш небезпечна, а отже є кращим напівпровідником серед використовуваних на даний момент для виготовлення сонячних тонкоплівкових панелей.

#### Список використаних джерел:

1. Наказ МОЗ України № 1596 від 14.07.2020 р. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20#Text> – Загол. з екрану.

2. Наказ МОЗ України № 721 від 02.05.2022 р. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>. Загол. з екрану.

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2021 р. № 1325 «Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#top>. Загол. з екрану.

4. База даних хімічних сполук і сумішей. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>. Загол. з екрану.