



Івано-Франківський  
національний технічний  
університет нафти і газу



## Hungary-Slovakia-Romania-Ukraine ENI Cross-border Cooperation Programme 2014-2020



### **PARTNERSHIP WITHOUT BORDERS**

Project title: HUSKROUA/1702/6.1/0022 «Regional Center for Training and Monitoring of the Environmental Impact of Electrical Installations» - CRIMIGE

Partners: Technical University of Cluj-Napoca (Romania); Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ukraine)

Project start date: 01.03.2020      Project end date: 28.02.2022

### **ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ**

Міжнародної науково-практичної конференції  
**«Вплив виробництва, передачі, розподілу  
та використання електроенергії  
на навколишнє середовище»**

**24 – 25 листопада 2022 р.**

Івано-Франківськ - Бая-Маре, 2022 р.

Внесок ЄС: 245373,76 €

Співфінансується  
Європейським Союзом



УДК 504.5:621.31  
B52

За загальною редакцією професора Я. О. Адаменка  
Редакційна колегія: професор Л. М. Архипова, професор О. М. Мандрик

*Рекомендовано до друку Вченою радою Івано-Франківського національного  
технічного університету нафти і газу  
Протокол № 13/644 від 30 листопада 2022 р.*

B52 Вплив виробництва, передачі, розподілу та використання електроенергії на навколишнє середовище [Електронне видання] : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції (Івано-Франківськ, 24-25 листопада 2022 р.) / за заг. ред. проф. Я. О. Адаменка.- Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2022. – 162 с. – укр., англ. та румун. мовами.

**ISBN-978-966-694-415-6**

До збірника ввійшли матеріали учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Вплив виробництва, передачі, розподілу та використання електроенергії на навколишнє середовище», у яких науковці розглядають актуальні питання теорії, методології й практики оцінювання впливів підчас виробництва, передачі, розподілу та використання електроенергії на довкілля. Міжнародна науково-практична конференція проведена у рамках проекту «Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище» за програмою транскордонного співробітництва ЄС Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна 2014-2020. Матеріали збірника можуть бути використані науковцями, практиками, аспірантами, здобувачами вищої освіти в галузі екології, охорони довкілля та дотичних до них наук.

*Матеріали викладені в авторській редакції з незначними коректорськими правками. Відповідальність за точність поданих фактів, цитат, цифр і прізвищ несуть автори. Електронна копія збірника розміщується у відкритому доступі на сайті кафедри екології у розділі «Наукова діяльність» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (<https://cutt.ly/UMEzmoK>) на сайті проекту HUSKROUA/1702/6.1/0022 (<http://crimige.cunbm.utcluj.ro/en/about/>) та у репозитарії НТБ ІФНТУНГ*

**ISBN-978-966-694-415-6**

УДК 504.5:621.31

© Автори статей, 2022  
© Редакційна колегія, 2022  
© ІФНТУНГ, 2022

### **Організаційний комітет конференції**

*Співголови:*

**Олег Мандрик** – доктор технічних наук, професор, перший проректор ІФНТУНГ (Ua);

**Петріка Поп-Сітар** – доктор наук, професор, проректор Північного університетського центру Бая-Маре, UTCN (Ro).

*Заступники голів:*

**Ярослав Адаменко** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології ІФНТУНГ, менеджер проєкту HUSKROUA/1702/6.1/0022 (Ua);

**Міхаела Штец** – PhD, доцент кафедри електротехніки, електроніки та комп'ютерної інженерії UTCN, менеджер проєкту HUSKROUA/1702/6.1/0022 (Ro).

*Секретарі конференції:*

**Рамона Демарчек** – PhD, доцент кафедри філології та культурології UTCN (Ro);

**Тарас Качала** – кандидат наук, доцент кафедри екології ІФНТУНГ (Ua).

*Члени оргкомітету:*

**Людмила Архипова** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри туризму ІФНТУНГ (Ua);

**Мірча Хоргос** – PhD, доцент, заступник декана інженерного факультету UTCN (Ro);

**Клаудіу Лунг** – PhD, доцент, завідувач кафедри електротехніки, електроніки та комп'ютерної інженерії UTCN (Ro);

**Штефан Оніга** – доктор наук, професор кафедри електротехніки, електроніки та комп'ютерної інженерії UTCN (Ro);

**Марія Орфанова** – кандидат наук, доцент кафедри екології ІФНТУНГ (Ua);

**Юлія Стахмич** – кандидат наук, доцент кафедри філології та перекладу ІФНТУНГ (Ua);

**Іван Ковбанюк** – завідувач відділу інформації та зв'язків з громадськістю ІФНТУНГ (Ua).

## Зміст

<i>Ярослав Адаменко, Олег Мандрик</i> З історії екологічного партнерства між Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу (Україна) і Технічним університетом Клуж-Напока північного університетського центру Бая-Маре (Румунія) .....	7
<b>ГЛОБАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ</b> .....	12
<i>Ірина Смик, Людмила Архипова</i> Екологічні ризики безпеки енергетики .....	12
<i>Ярослав Адаменко, Людмила Архипова</i> Проблеми і вигоди виробництва електроенергії МГЕС на Закарпатті .....	18
<i>Олександр Труш, Nadeem Ahmad Khan, Jamia Millia Islamia, Сергій Вамболь</i> Перспективи розвитку екологічних технологій утилізації твердих побутових відходів .....	23
<i>Оксана Онищук</i> До опису актуальних видів відновлюваних джерел енергії.....	28
<i>Олена Хоменко, Андрій Ластабеженко</i> Вплив енергетичної галузі на стан довкілля Черкаської області .....	31
<i>Володимир Бахарєв, Олена Корцова, Вадим Гончарук</i> Щодо систем безперервного контролю і моніторингу техногенних викидів на джерелах теплових електростанцій (на прикладі Кременчуцької ТЕЦ) .....	34
<i>Олег Мандрик, Олег Туць</i> Екологічні збитки внаслідок аварій на магістральних газопроводах .....	39
<i>Lihet Mihaela Anamaria</i> Air quality monitoring in the municipality of Baia Mare.....	41
<i>Марина Романова</i> Використання відходів ТЕС у галузі виробництва будівельних матеріалів .....	42
<i>Тетяна Степаненко</i> вплив виробництва електроенергії на природокористування.....	46
<i>Марина Орфанова</i> Практичні аспекти використання результатів проєкту при викладанні дисциплін.....	49
<i>Богдан Карпінський</i> Проблематика ліквідації забруднень об'єктами нафтогазового комплексу Карпатського регіону України.....	52
<i>Валентина Коберник</i> Показники технологій теплової енергетики на твердому паливі з урахуванням декарбонізації .....	55
<i>Роман Михайлюк</i> Дослідження гідродинамічних параметрів запропонованої конструкції самодіючого шлюзу за допомогою МСЕ .....	59
<i>Андрій Редько</i> Аналіз методів рекультивациі відкритих гірських виробок .....	60
<i>Валентин Лінченко, Дмитро Жук</i> Зелена енергетика: проблеми охорони навколишнього середовища .....	63
<i>Ярослав Федик, Володимир Руцак, Ігор Чепурний</i> Моделювання гідрологічних параметрів на прикладі басейну р. Прут в межах Івано-Франківської області за допомогою ГІС .....	68

<i>Христина Матіїв</i> Перспективи використання альтернативних джерел енергії у Карпатському регіоні зокрема у Яремчанській міській раді.....	73
<i>Ігор Климчук</i> Гідроенергетичний потенціал річок Карпатського регіону України	76
<b>ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....</b>	<b>79</b>
<i>Claudiu Lung</i> Study of RF Radiation Level on Igniş Peak .....	79
<i>Володимир Чупа, Богдан Герасименко, Ярослав Адаменко</i> Дослідження електромагнітного випромінювання сельбищних зон.....	83
<i>Владислав Яненко, Алла Клепко</i> Сучасні проблеми та перспективи використання альтернативних джерел енергії в Україні.....	87
<i>Тамара Кундельська, Володимир Чупа, Микола Штогрин</i> Результати еколого-геофізичних досліджень урбосистеми міста Яремче .....	91
<i>Тарас Качала, Христина, Масляк, Денис Семкович</i> Визначення шумового забруднення на території ІФНТУНГ .....	94
<i>Тарас Качала, Василь Петрашук, Богдан Кучерявий</i> Рівень електромагнітного випромінювання на території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу .....	97
<i>Тарас Качала, Степан Гарасимів, Ярослав Дзюбак</i> Дослідження встановлення рівня радіаційного фону на території навчальних закладів (на прикладі ІФНТУНГ) ....	100
<b>ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БІОРИЗНОМАНІТТЯ .....</b>	<b>103</b>
<i>Гарсія Камачо Ернан Улліанодт, Ігор Васильківський</i> Втрачена іхтіофауна Південного Бугу в результаті будівництва малих ГЕС .....	103
<i>Valeria Gruzdova, Yuvita Koloshko</i> Caracteristicile biometanului în timpul procesării și a deșeurilor agricole.....	108
<i>SergeyVambol, Viola Vambol, Yuri Kondratyuk, Ihor Cherepnov, Nastaran Mozaffari, Niloofar Mozaffari</i> Monitoring the Impact of Electromagnetic Fields on Biological Objects Using Vegetative Test Systems .....	110
<i>Галина Крусір, Олена Груздова</i> Дослідження біодеградації ароматичних вуглеводнів.....	115
<i>Nataliia Glibovytska</i> Influence of Electrical Energy Facilities on Vitality of Biological Systems .....	119
<i>Marharyta Radomska</i> The Interaction Between Urban Avifauna and Renewable Energy Generation Facilities.....	121
<i>Mykola Prykhodko, Kateryna Varaban</i> Analysis of Foreign Experience on Bioreclamation of Disturbed Lands and Spoil Heaps .....	124
<b>ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА – ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ.....</b>	<b>128</b>
<i>Valeria Gruzdova, Yuvita Koloshko</i> Features of the European Green Deal and its implementation in Ukraine .....	128
<i>Юлія Постол, Вадим Гулевський</i> Застосування теплонасосних установок для утилізації теплоти вторинних енергетичних ресурсів .....	132

<i>В'ячеслав Македон</i> Прояви глобальної взаємозалежності при переході на зелену енергетику .....	137
<i>Лідія Давибіда, Іренеуш Вичалек, Артур Пліхта</i> Використання ГІС та САD-інструментів для проектування сонячної електростанції на даху історичної будівлі .....	142
<i>Сергій Бойко, Вікторія Моїсеєва, Денис Піскун</i> Екологічні аспекти застосування відновлюваних джерел енергії у транспортній галузі .....	147
<i>Валерія Вовк</i> Інтегральна оцінка екологічного навантаження на навколишнє середовище .....	150
<i>Наталія Москальчук</i> Попередня оцінка можливості вітрової електрогенерації в межах Івано-Франківської міської територіальної громади .....	155
<i>Ірина Яремак, Роман Яремак</i> Екологічні аспекти сонячної енергетики .....	158

### **З ІСТОРИЇ ЕКОЛОГІЧНОГО ПАРТНЕРСТВА МІЖ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИМ НАЦІОНАЛЬНИМ ТЕХНІЧНИМ УНІВЕРСИТЕТОМ НАФТИ І ГАЗУ (УКРАЇНА) І ТЕХНІЧНИМ УНІВЕРСИТЕТОМ КЛУЖ-НАПОКА ПІВНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТСЬКОГО ЦЕНТРУ БАЯ-МАРЕ (РУМУНІЯ)**

*На початку 90-х років минулого сторіччя між Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу (ІФНТУНГ) і Технічним університетом Клуж-Напока Північний університетський центр Бая-Маре (ТУКН) була підписана угода про співробітництво, обмін студентами, делегаціями спортсменів і учасниками художньої самодіяльності. З боку ІФНТУНГ цю роботу започаткував професор Степанюк В.П., з боку ТУКН професор Еуджен Пай. У 1993 році студенти-механіки ІФНТУНГ в невеликій кількості на чолі з заступником декана, кандидатом технічних наук, доцентом Карпиком Р.Т. почали їздити на заводи Бая Маре, де проходили навчальну практику.*

*У 1995 р. ТУКН зацікавився розробками кафедри екології ІФНТУНГ в галузі охорони навколишнього середовища. Навесні 1996 року завідувач кафедри екології ІФНТУНГ, професор Адаменко О.М. розпочав дружню співпрацю між спорідненими кафедрами ТУКН.*

*У грудні 1996 р. до ІФНТУНГ приїхали Еміл Міку, Еуджен Пай і Василь Тісану. На кафедрі екології вони більш детально ознайомилися з комп'ютерною системою*



Рис. 1 – Студенти ІФНТУНГ в м. Бая-Маре (Румунія, 2012 р.)

*екологічної безпеки і моніторингу Карпатського регіону, а також була підписана угода про обмін студентами спеціальностей з екології та механіки.*

*У липні 1997 р. вісім студентів-механіків і чотири екологи разом з викладачами розпочали виробничу практику у м.Бая Маре. Студенти кожний день відвідували різні промислові об'єкти. Це – і шахти по видобутку поліметалічних руд (свинець, цинк, мідь, золото, срібло та ін.), металургійні і машинобудівні*

*заводи, збагачувальні фабрики. Річка Сезар, що протікала через центр міста Бая Маре, часто міняла свій колір від чорного, до жовто-оранжевого, зеленого і знову до сірого або чорного – у залежності від того, який завод випускав неочищені стоки. Студентами були відібрані проби води, ґрунту та вже в лабораторіях ІФНТУНГ були зроблені аналізи на вміст шкідливих речовин.*

Студенти-екологи беруть активну участь у програмах міжнародного співробітництва. Зокрема у 2012 році у межах міжнародного грантового проекту з молодіжного обміну "Разом за зелену Європу" наші студенти відвідали Північний університет м. Бая Маре, Румунія. Метою даного проекту був обмін інформацією про екологічні проблеми країн. Зі студентами викладачі університетів проводили інтерактивні тренінги, бесіди, круглі столи, знайомили із очисними спорудами та багатьма іншими організаціями.

Під час візиту до Румунії у листопаді 2022 року була підписана нова угода про співпрацю між нашими університетами, а також напрацьовані напрями подальшої співпраці щодо подачі спільних заявок на участь в майбутніх міжнародних європейських проектах.

За часи співпраці між університетами були не тільки обміни студентами, але й високі наукові досягнення. За понад



Рис. 2 – Делегація ІФНТУНГ під час підписання угоди про співпрацю (м. Бая-Маре, Румунія, 2022 р.)

двадцятирічну співпрацю між нашими університетами було проведено декілька міжнародних проектів з фінансуванням Європейського Союзу. Хочемо тут відмітити, що окрім екологічних програм, ІФНТУНГ приймав участь і в інших програмах. Коротко зупинимось на основних проектах екологічного спрямування.

**Міжнародний румунсько-український проект FARE CREDO «Обґрунтування міждержавного (білатерального) біосферного резервату «Гуцульські Альпи» (2000-2002 рр.)».** Мета проекту – обґрунтування міждержавного (білатерального) біосферного резервату «Гуцульські Альпи». Завдання проекту – обстеження прикордонних територій Румунії та України в межах Марамурського повіту, Верховинського та Рахівського районів.

У 2000-2001 рр. були зроблені маршрути у Вулканічних Карпатах, в басейні р. Вішеу. В цьому районі розробляється кілька поліметалічних і золоторудних родовищ. В кінці 90-х на початку 2000-х років в цьому районі було кілька серйозних техногенних аварій, коли дамби хвостосховищ з токсичними шламами не витримували затяжних дощів, руйнувались і відбувались катастрофічні скиди у р. Вішеу, потім Тису і Дунай. У скидах було багато отруйних речовин, в тому числі і ціанідів. Аварії 2000 і 2002 р. були настільки потужними, що вміст ціанідів з перевищенням граничнодопустимих концентрацій у десятки разів знаходили у водах Дунаю в Угорщині, Болгарії і навіть у Одеській області.



Головним досягненням було обґрунтування виділення нових природоохоронних територій у пограничній зоні Румунії і України. Це були так звані «ядра», де ніяка діяльність не дозволялась і природа зберігалась у первісному виді. До них були віднесені високогірні вершини Марамуреського кристалічного масиву, які примикали до України в районі Рахівського масиву і Чорногори. Румунські партнери «дотягли» до кордону контури таких ядер, не «заходячи» на територію України.

**Проект ТАСІС  
Європейського Союзу  
«Вдосконалення системи  
транскордонної збереження природи  
Верховини (2002-2004 рр.)»**



Рис. 3 – Учасники проекту ТАСІС (Верховина, Україна, 2004 р.)

(SCR-E/111230/C/SV/WW). Мета проекту – посилити і покращити систему збереження природи в регіоні Карпат згідно Конвенції про біологічне різноманіття, Всеєвропейської стратегії збереження біологічного і ландшафтного різноманіття, а також Бернської конвенції.

За результатами проекту було створено два екоцентри – у Івано-Франківську та у Яремче. Опублікована комплексна інтегрована стратегія збереження біологічного і ландшафтного різноманіття і менеджмент-план, основна увага в якому зосереджена на реабілітації та відновленні деградованих екосистем, сприянні



Рис. 4 – Зустріч учасників проекту RUTEM з ректором університету Норд (Бая-Маре, Румунія, 2008 р.)

відновленню видів, які знаходяться під загрозою зникнення, сприянні сталому розвитку і збереженні традиційних способів господарювання.

Проведені три навчальні тури до Польщі, Словенії та Румунії із залученням ключових місцевих експертів та державних службовців адміністрацій та тренінг-семінари з «Оцінки впливів на навколишнє середовище».

Створена база даних у географічній інформаційній системі (ГІС) з біологічного і ландшафтного різноманіття

для Карпатського національного природного парку та Верховинського району.

**Програма добросусідства Румунія-Україна Phare CBC проєкт: RUTEM «Румунія-Україна: Регіональний центр навчання в галузі охорони навколишнього середовища, управління та моніторингу» (2007-2008 рр.) (Contract no: RO-2005/017-539.01.02.26).** За результатами проєкту створена «Румунсько-Українська регіональна транскордонна мережа співробітництва» в галузі навчання, досліджень і розробки концепцій охорони навколишнього середовища, управління та екологічного моніторингу. У транскордонну мережу співробітництва увійшли представники трьох університетів, чотирьох державних адміністрацій та чотирьох органів державної влади з округів Марамуреш і Сату Маре, Івано-Франківської і Закарпатської областей.

У липні і жовтні 2008 року в рамках проєкту (RUTEM – Румунія-Україна регіональний центр навчання з охорони навколишнього середовища, менеджменту та моніторингу) університет Норд відвідали завідувач кафедри екології, професор Адаменко Я.О., завідувач кафедри інженерної і комп'ютерної графіки, професор Шкіца Л.Є. Підчас цієї поїздки була продовжена робота щодо співпраці між університетами.

**Програма прикордонного співробітництва ЄІСП Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна проєкт: RoUaSoil: "Управління земельними ділянками забрудненими нафтопродуктами" (2012-1015 рр.) (Contract no: RO-2005/017-539.01.02.26).** У проєкті RoUaSoil проведені дослідження щодо забруднення нафтопродуктами ґрунтового покриву транскордонних територій, на основі чого

розроблені природоохоронні заходи та складений посібник «Технології очищення та відновлення забруднених нафтопродуктами ґрунтів». Результати проєкту поширені шляхом участі у національних і міжнародних конференціях, проведених у країнах-членах грантової програми: Угорщині (Ньїредьгаза, Мішкольц), Словаччині (Кошіце), Україні (Івано-Франківськ) і Румунії (Бая Маре). Встановлені партнерства у галузі освіти, дослідження, планування і розвитку між



Рис. 5 – Перша робоча нарада учасників проєкту RoUaSoil (м. Солотвино, Україна, 2011 р.)

університетами, територіальними органами та екологічними агентствами Івано-Франківської та Марамуреської області і подібними установами з прийнятих регіонів Сабольч-Сатмар-Берег, Боршод-Абауй-Земплен (Угорщина) і Кошіце (Словаччина).

**Програма транскордонного співробітництва ЄІС Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна 2014-2020 проєкт: «CRIMIGE – Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище (2020-2022)» (HUSKROUA/1702/6.1/0022).** Впродовж двох років, з березня 2020 року по лютий 2022 року, вчені наших університетів проводили масштабну програму оцінки впливу



Рис. 6 – Робоча нарада учасників проєкту CRIMIGE (м. Бая Марє, Румунія, 2022 р.)

виробництва, передачі, розподілу та використання електроенергії на навколишнє середовище в транскордонній зоні. Проводились вимірювання в межах територій економічного інтересу, а також природоохоронних територій. Визначено спільні елементи, а також відмінності між українською та румунською системами оцінювання. Проведено дослідження щодо напруженості електромагнітних полів, шуму та вібрацій електростанцій

різних типів. Понад 120 студентів пройшли навчання в лабораторіях, оснащених найсучаснішим обладнанням, започатковано співпрацю з державними та приватними організаціями, зацікавленими у впливі енергетичної системи на навколишнє середовище.

Не зважаючи на всі ці перепони, що виникли у період виконання проєкту, викликаних пандемією SARS-Cov-2, а також форс-мажорною ситуацією, яка пов'язана з військовим станом в Україні, ми повністю виконали усі заплановані дії та вдячні усім нашим колегам та партнерам, які долучились до цього проєкту за новий спосіб його реалізації.

Ярослав Адаменко – д.т.н., професор,  
Олег Мандрик – д.т.н., професор  
Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

## **ГЛОБАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ**

---

УДК 504.05

*Ірина Смик – аспірант;  
Людмила Архипова – д.т.н., професор  
Івано-Франківській національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

### **ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ**

У результаті масових ракетних ударів з боку росії по енергетичних об'єктах України, наша держава зустрілася з проблемами, які мають технічний, соціальний економічний характер, які в свою чергу тягнуть за собою загострення екологічних проблем. Тому екологічна безпека стає одним із основних пріоритетів подальшого розвитку енергетики.

Екологічна безпека на етапі загострення загроз, пов'язаних з негативним впливом на навколишнє середовище є найважливішою складовою безпеки в цілому. В сучасних реаліях війни перед Україною постає виклик не лише в забезпеченні національної безпеки, але і в здатності гарантування стабільне функціонування електроенергетичної галузі в умовах російської агресії.

Екологічна безпека є компонентом національної безпеки, що забезпечує захищеність життєво важливих інтересів людини, суспільства, довкілля та держави від реальних або потенційних загроз, що створюються антропогенними чи природними чинниками стосовно навколишнього середовища і гарантується законодавчими актами держави [1].

Підтвердженням цього є те, що ситуації щодо природно-техногенної безпеки розглядаються на засіданнях Ради національної безпеки та оборони України. Матеріали такого розгляду покладаються в основу Указів Президента України. Укази узгоджують зусилля державних органів виконавчої влади, спрямованих на попередження аварій, катастроф та інших НС, а також удосконалення системи регулювання екологічної та поліпшення стану природно-техногенної безпеки [2].

Згідно із Законом України «Про основи національної безпеки України» національна безпека України забезпечується шляхом проведення виваженої державної політики відповідно до прийнятих доктрин, стратегій, концепцій і програм у таких сферах, як політична, економічна, соціальна, воєнна, екологічна, науково-технологічна, інформаційна тощо [3].

Екологічна безпека має здійснюватися через реалізацію стратегічних цілей та потребує постійного державного піклування, передусім на інституційному рівні, на

державному рівні потрібно достатньо усвідомлювати не лише екологічні проблеми, а й економічну можливість їхнього розв'язання.

За словами енергетика В. Відзівовського, в умовах війни необхідно мати готові рішення, щоб підтримувати надійну роботу енергетичної безпеки України. Крім того, директор енергетичних програм «Центру Разумкова» Володимир Омельченко вважає, що ризики ураження енергетичної інфраструктури російськими ракетами підвищуватимуться з наближенням зими, і будуть прямо пропорційними до деокупації українських територій. При цьому, на думку Омельченка, основне навантаження за відновлення енергетичної інфраструктури ляже на компанію «Укренерго», яка відповідає за відновлення магістральних ліній передач та на місцеву владу – системи теплозабезпечення [4].

Досить тяжка ситуація склалася в українській тепловій електроенергетиці. Через прицільні обстріли російськими окупантами в Україні постраждали щонайменше 4 теплові електроцентралі. Найбільш постраждалими енергетичними об'єктами від війни є Луганська ТЕЦ, Охтирська ТЕЦ, Трипільська ТЕС та Чернігівська ТЕЦ. Луганська ТЕЦ втрачена, фактично повністю розбита Охтирська ТЕЦ, від прямого влучення снарядів [5].

Саме тому, масштабною проблемою екологічної безпеки є руйнація ТЕС та ТЕЦ, адже внаслідок відбувається неконтрольоване забруднення повітря, яке оцінюють за трьома показниками викидів:

- PM10 – тверді мікрочастинки зольного пилу, розміром до 10 мікронів. Вони можуть спричинити хвороби дихальних шляхів;
- SO<sub>2</sub> – діоксид сірки. У високих концентраціях може викликати небезпечне для життя накопичення рідини в легенях;
- NO<sub>x</sub> – оксиди азоту. Газу, які викликають запалення дихальних шляхів і порушують клітинні механізми [6].

Крім того, ТЕС – одні з головних джерел забруднення довкілля, вони викликають кислотні дощі, які різко знижують родючість земель та врожайність сільськогосподарських культур, спричиняють загибель лісів. Лише одна вугільна ТЕС потужністю 1000 МВт викидає щорічно в довкілля близько 90 т. миш'яку, 300 т. барію, 20 т. ртуті та інших токсичних елементів. Навіть радіоактивних речовин у викиди вугільних ТЕС у 2-5 разів більше, ніж у викидах АЕС.

Таким чином, актуальними залишаються питання зміцнення та посилення безпечної діяльності енергетичної системи.

Заступник Міністра енергетики України з питань європейської інтеграції Ярослав Демченков зазначив, що існує три принципи для енергетичної безпеки:

По-перше, необхідно створити систему захисту від фізичного захоплення чи знищення енергетичних об'єктів. Об'єктів, які забезпечують життєзабезпечення громадян. Ефективний захист об'єктів енергетики має стати таким же важливим аспектом енергетичного переходу, як власне безвуглецева генерація. Система такого захисту має бути "прошита за замовчуванням" у створення нових енергетичних систем [7].

По-друге, погодити на міжнародному рівні пакет жорстких колективних санкцій, які теж запускаються автоматично у випадку атаки на енергосистему будь-якої країни. Ці санкції потрібно розробити превентивно, а не постфактум. Кожен

агресор повинен знати масштаб наслідків, з якими зіткнеться він і його держава після атаки на енергетичний сектор іншої держави [7].

По-третє, потрібна енергетика високого рівня стійкості. Українська енергетична система показала себе такою: в умовах війни ми зберегли її роботу, синхронізувалися з ENTSO-E, розпочали поставки електроенергії до ЄС. Але жодна система жодної країни не витримає постійних масових ракетних обстрілів [7].

Враховуючи екологічну безпеку, одним із завдань енергетики стає необхідність ширшого застосування відновлюваних джерел енергії, таких як енергія вітру, енергія надр, сонячна енергія, крім того розвиток енергетики України неможливий і без використання атомної енергії, відповідно, на перший план виходить питання забезпечення екологічної безпеки АЕС.

Авторський аналіз ситуації впровадження джерел відновлюваної енергетики станом на 2021 рік (рис.1) і умовні позначення до нього в табл. 1 дозволяє стверджувати бурхливий розвиток відновлюваної енергетики в Карпатському регіоні без належного екологічного обґрунтування. Отже, наукові дослідження з розроблення методології екологічно безпечного використання ВДЕ з врахуванням сталого збалансованого розвитку Карпатського регіону на часі.

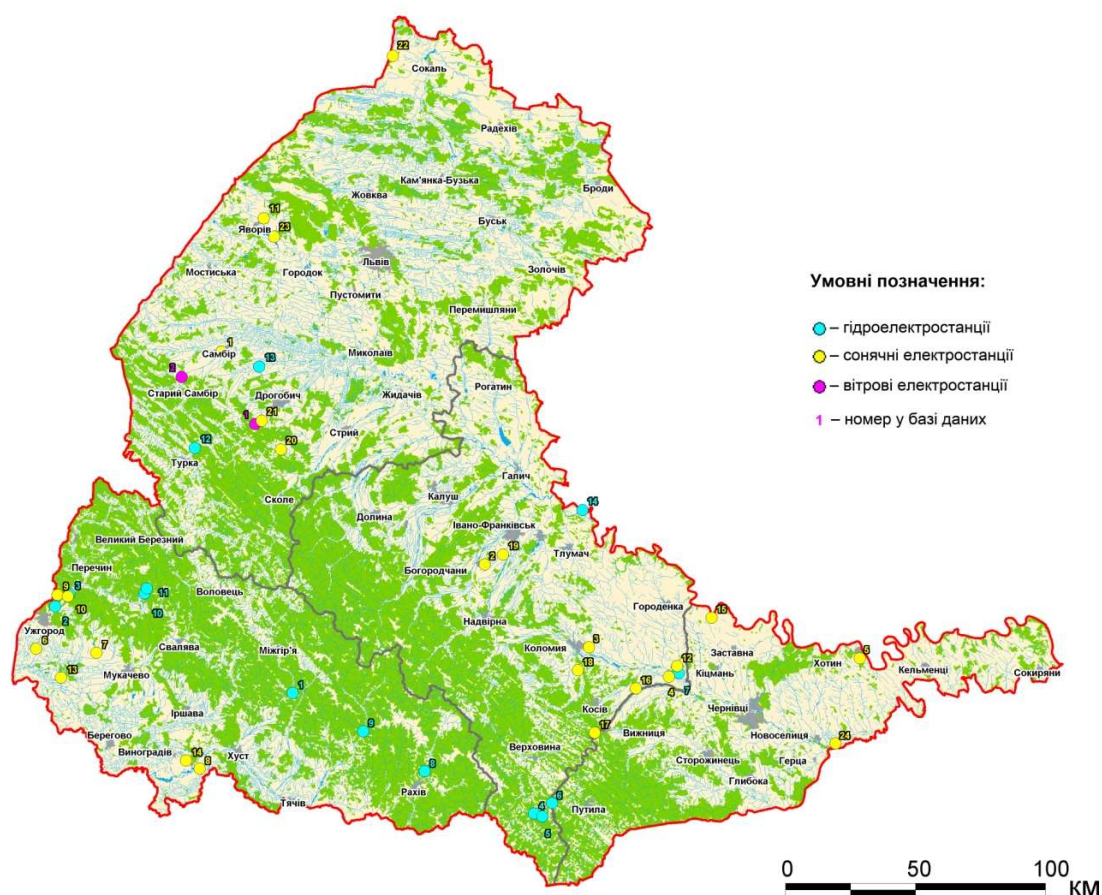


Рис. 1 – Схема введених в експлуатацію СЕС, ВЕС і ГЕС в Карпатському регіоні станом на 2021 р (опис додано в табл.1)

Таблиця 1 – Потужності СЕС, ВЕС і ГЕС у Карпатському регіоні

Номер	Назва	Потужність
<b>ГЕС</b>		
1	Теребле-Ріцька № 1	28.000
2	Ужгородська	1.900
3	Онокієвська	2.650
4	Пробійнівська МГЕС – 2	0.182
5	Пробійнівська МГЕС – 1	1.200
6	Яблуницька	0.650
7	Стятинська	0.800
8	Мала ГЕС Білин	0.630
9	Міні-ГЕС Красна	0.800
10	Тур'я-Полянська мала ГЕС	1.050
11	Тур'я-Полянська мала ГЕС	1.000
12	Яворська мала ГЕС	0.450
13	Новошицька мала ГЕС	0.180
14	Білинська ГЕС	0,630
15	Золотолипська ГЕС	0,300
16	Краснянська ГЕС	0,800
17	Лопухівська ГЕС	0,999
18	Оноківська ГЕС	2,650
<b>СЕС</b>		
1	"Еко-оптима" – Самбірська СЕС	10.000
2	"Еко-оптима" – Богородчанська СЕС	2.800
3	ТОВ "Сонячна Брама"	3.000
4	ТОВ "Солар Карпати"	3.850
5	ТОВ Буковина Солар 1	14.000
6	ТОВ Сонячна енергія плюс	15.490
7	Ірлявська сонячна електростанція	10.090
8	Солар Інвест	10.000
9	СЕС "Гута-2"	3.500
10	СЕС "Каменица"	3.421
11	СЕС "Озерна"	9.900
12	СЕС "Снятинська"	4.126
13	Велика Добронь	4.500
14	Виноградів	25.000
15	Звенячин	4.000
16	Хутір-Будилів	3.800
17	Тюдів	відомості відсутні
18	Коломия	3.000
19	Радча	3.993
20	Орівська	2.500
21	Борислав	10.000
22	Сокальська	5.500
23	Яворів-1	57.500
24	Тарасівці	12.000
25	Тийглаш	9,072
26	Табла	3,421

27	Ірлява	10,009
28	Ратівці	5,400
29	Середнє	4,500
30	Веряця-1	1,0626
31	Веряця-2	1,3629
32	с. Шаланки	6,237
33	Стримба	15,000
34	Ланчин	0,3000
35	Еко-Оптіма	2,8000
36	Озерна	9,900
37	Щирець-1	2,000
<b>ВЕС</b>		
1	Трускавецька ВЕС	0,700
2	ВЕС «Старий Самбір-1»	6,600
3	ВЕС «Старий Самбір-2»	2,007

Таким чином, внаслідок військових дій Україна опинилася в центрі боротьби збереження безпеки енергетики, адже енергетика країни зустрілася з переліком нових, ще більш загрозливих викликів екологічної безпеки, таких як ядерний тероризм із захопленням АЕС та численних пошкоджень критичної інфраструктури. Крім того, масштабною проблемою екологічної безпеки є руйнація ТЕС та ТЕЦ, адже відбувається неконтрольоване забруднення повітря, тому проблема екологічних ризиків енергетики потребує нових шляхів вирішення. Як показав аналіз, Карпатський регіон України характеризується високим природним потенціалом відновлюваних джерел енергії, саме тому набуває все більшої актуальності широке застосування відновлюваних джерел енергії, яке сприятиме уникненню екологічних ризиків безпеки в плані енергетики.

#### *Література*

1. Екологічна безпека та цивільний захист: конспект лекцій. навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю\_121-«Інженерія програмного забезпечення» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. О. Полукаров, Н. А. Праховнік, О. В. Землянська. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. -184
2. Державна політика забезпечення національної безпеки України: основні напрямки та особливості здійснення. : монографія / Криштанович М.Ф., Пушак Я.Я., Флейчук М.І., Франчук В.І. – Львів : Сполом, 2020. – 418 с
3. ЗУ Про основи національної безпеки України URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/964-15#Text>
4. В.Відзіговський: є ризики у будь-який момент втратити частину енергосистеми URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/vvidzihovskiy-ie-ryzyky-u-bud-iakiy-moment-vtratyty-chastynu-enerhosystemy>
5. У Міненерго розказали, які ТЕЦ постраждали через війну в Україні URL: <https://www.unian.ua/economics/energetics/robo-ta-tec-v-ukrajini-yaki-tec-postrazhdali-choz-ryyynu-v-ukrajini-novini-sogodni-11763043.html>



6. Українські вугільні електростанції є одними з найбільших забруднювачів повітря у Європі – звіт URL: <https://mind.ua/news/20226512-ukrayinski-vugilni-elektrostantsiyi-e-odnimi-z-najbilshih-zabrudnyuvachiv-povitrya-u-evropi-zvit>

7. Енергетична безпека: правила для нової ери URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/11/14/693771/>

УДК 502.174.3:620.9

*Людмила Архипова – д.т.н., професор;  
Ярослав Адаменко – д.т.н., професор  
Івано-Франківській національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ПРОБЛЕМИ І ВИГОДИ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ МГЕС НА ЗАКАРПАТТІ**

Енергетична та екологічна безпека – найважливіші складові життєдіяльності країни. Одним з аспектів енергетичної безпеки є введення в експлуатацію потужностей з виробництва електроенергії та перспективи їх розвитку на найближчу і довгострокову перспективу. З огляду на події в умовах військового стану в Україні у 2022 р. надзвичайно важливо мати таке співвідношення джерел генерації, щоб гарантувати надійне електропостачання країни в різних умовах (день – ніч; зима – літо і т.д.) в усіх куточках нашої держави. Розвиток генерації електроенергії з відновлювальних джерел енергії допомагає Україні виконувати цілу низку міжнародних зобов'язань стосовно зниження негативного впливу на довкілля та обмеження викидів забруднюючих речовин та парникових газів при вступі до Енергетичного співтовариства, підписанні Угоди про Асоціацію з Європейським Союзом, ратифікації Паризької кліматичної угоди тощо.

Основні види генерації електроенергії в Україні в даний час включають: теплову і атомну енергетику, а також відновлювані джерела електроенергії (ВДЕ): гідроенергетику (гідроелектричні станції великі (ГЕС) і малі (МГЕС), гідроакумулюючі станції (ГАЕС); сонячні електростанції (СЕС) та вітряні електростанції (ВЕС).

В Закарпатській області відсутні такі види генерації електроенергії як теплова і атомна енергетика, гідроакумулюючі станції та вітряні електростанції. Станом на початок 2021 року на території області було зосереджено 67 об'єктів відновлювальної енергетики із загальною встановленою потужністю 282,5 МВт. У порівнянні з аналогічним періодом минулого року встановлена потужність об'єктів відновлювальної енергетики збільшилась на 151,2 МВт завдяки введенню в експлуатацію 36 нових станцій (35 сонячних та 1 гідро). Найбільшу частку потужностей по виробництву електроенергії займають 52 сонячні електростанції – 84,7 відс. (239,3 МВт). Електроенергія з біогазу представлена двома об'єктами, частка яких – 0,7 відс. (2,1 МВт) від загальної потужності. На території області діють дві міні ГЕС (до 1 МВт), десять малих ГЕС (до 10 МВт) та одна ГЕС (від 10 МВт). Частка їх потужностей складає 14,6 відс. (41,1 МВт). За 9 місяців 2020 року вказаними об'єктами вироблено 393,1 млн.кВт/год. електроенергії, що у порівнянні з аналогічним періодом минулого року більше на 90,0 відсотків або на 186,3 млн.кВт/год. електроенергії. Найбільше електроенергії вироблено на сонячних електростанціях 236,0 млн.кВт/год. (60,0 %). Гідроелектростанціями вироблено 154,8 млн.кВт/год., що складає 39,4 % від загального обсягу виробництва.

Згідно з інформацією, отриманою з відкритих джерел, у 2021 році Закарпатська область виробила близько 8 % електроенергії від загального обсягу споживання. Решту – понад 90 % Закарпаттяобленерго отримує з Бурштинського енергоострова однією двохланцюговою лінією 220 кВ. Слід зазначити, що в результаті транспортування електроенергії на відстань понад 200 км відбуваються додаткові

втрати в мережах, що також призводить до удорожчання собівартості електроенергії. Проведені авторами розрахунки показали, що втрати електроенергії при передачі 2 млн кВт год складуть приблизно 120 тис. кВт год. Таким чином, виробляючи на МГЕС (одна додаткова станція потужністю до 1МВт) 2 млн кВт год електроенергії на рік, експлуатація гідроелектростанції дозволить зекономити 60 т.у.п. та зберегти 120 тис. кВт год електроенергії в енергосистемі.

Однак, улаштування нових об'єктів генерації електроенергії навіть з відновлюваних джерел, тягне збільшення впливу на навколишнє середовище в межах області. Авторський досвід виконання оцінки впливу на довкілля декількох малих гідроелектростанцій в Закарпатській області дозволяє констатувати наявність наступного впливу МГЕС на довкілля.

В цілому вплив МГЕС на довкілля є складним, багатофакторним, а в деяких випадках – невизначеним. Для одних компонентів довкілля він може бути негативним, для інших – позитивним. може носити суперечливий, непостійний у часі, а в сукупності (синергії) впливів – системний характер.

Діяльність запроваджуватиметься на землях з цільовим призначенням – землі водного фонду. Фактори довкілля, які зазнаватимуть впливу при будівництві та експлуатації МГЕС:

1 Грунт – вплив допустимий. Можливий незначний вплив при проведенні будівельних робіт, при цьому погіршення показників фізико-механічних властивостей ґрунтів не відбуватиметься. У період експлуатації прямий інтенсивний вплив відсутній. В межах планованого земельного відводу зазвичай передбачено зняття ґрунтово-рослинного шару ґрунту з рекомендованим послідуочим використанням для створення газонів при благоустрою території біля МГЕС. Ризики забруднення ґрунту – можливі розливи трансформаторного масла під час нестандартних ситуацій (технічні несправності основного обладнання);

2 Водне середовище – вплив допустимий. Будівництво і експлуатація МГЕС не передбачає скидання забруднених стічних вод в поверхневі водні об'єкти, а також в підземні водоносні горизонти.

– поверхневі води – МГЕС зазвичай працює на природному стоці (транзитних витратах води) без сезонного регулювання стоку водосховищем. МГЕС не впливатиме на кількісні показники річкового стоку у замикаючому створі ріки. Ризик потрапляння забруднюючих речовин у поверхневі води – можливий з дощовими стоками з будмайданчика, відкритих стоянок, місць складування будматеріалів, вибраних ґрунтів, проїзних шляхів;

– ґрунтові води – будь-яке підтоплення та затоплення прибережних земель, підняття рівня ґрунтових вод при будівництві і експлуатації МГЕС у гірських і передгірських умовах не очікується, оскільки створювана підпірною спорудою (3-4 м) водойма за розмірами не виходитиме за межі природної заплави річки. Ризик забруднення ґрунтів і ґрунтових вод у випадку позаштатних ситуацій: витоку або розливу дизельного пального або мастильних матеріалів на поверхню ґрунту і часткового їх просочування у ґрунтові профілі. Однак це можуть бути незначні обсяги забруднюючих речовин і ймовірність їх потрапляння у горизонти підземних вод є незначною;

– підземні води – використання підземних вод високої якості не планується. Забруднення поверхневих і підземних вод на етапі експлуатації МГЕС не очікується.

Не планується утворення промислових стоків. Скиди стоків, та технологічні витoki з обладнання у водний об'єкт виключаються за технологією улаштування МГЕС. Очікується тимчасовий фактор впливу на якість води на етапі будівельних робіт шляхом підвищення концентрації рівня завислих речовин у воді за рахунок підймання донних відкладів.

3 Атмосферне повітря – вплив допустимий. Організовані джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря відсутні. Основним впливом на повітряне середовище є викиди продуктів згорання двигунів внутрішнього згорання в період будівництва. Практично всі джерела забруднення (будівельна техніка, автотранспорт) мають рухомий характер, концентрація джерел забруднення повітря на одному майданчику виключається. Аварійні чи залпові викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря також виключаються. Основна маса викидів в атмосферне повітря очікується в період будівництва від працюючої спецтехніки, які відносяться до пересувних джерел: при роботі будівельних машин та механізмів, автотранспорту, зварювальні та малярні роботи (викиди зварювального аерозолу, оксидів заліза, марганцю та його сполук, аерозолів фарби, парів розчинників та ін.), акустичне навантаження. Постійні стаціонарні джерела викидів в атмосферне повітря при експлуатації МГЕС відсутні. Технологічний процес передавання та розподілу електроенергії є безвідходним і не супроводжується шкідливими викидами у навколишнє природне середовище

4 Клімат і мікроклімат – вплив не передбачається. Локальне підвищення температури повітря не буде мати місце. Локального підвищення температури природних водних об'єктів не очікується. Експлуатація МГЕС не сприяє парниковому ефекту та глобальним змінам клімату.

5 Геологічне середовище – вплив допустимий. Вплив є поверхневим і поширюється на незначну глибину активної зони, яка охоплює верхню частину літосфери, що включає четвертинний покрив. Процеси техногенного впливу зазвичай не призводять до істотних змін геологічного середовища.

6 Фізичні поля (іонізуюче випромінювання, електромагнітні поля, шум, вібрація) – вплив допустимий – при будівництві та експлуатації об'єкту іонізуюче випромінювання відсутнє; електромагнітні поля, шум, вібрації носять локальний характер. Шум від устаткування МГЕС за рахунок використання гідросилового обладнання високої якості зазвичай не перевищуватиме відповідних санітарних нормативів в межах найближчої житлової забудови (житлова забудова повинна знаходитись за межами СЗЗ, яка в окремих випадках складає 50 м) ;

7 Флора та фауна – величина впливу перспективних МГЕС повинна вивчатись в межах конкретної ділянки. Під час проведення будівельних робіт буде мати місце зміна умов існування біоценозів у прибережній смузі річки безпосередньо у місці здійснення будівельних робіт. Фактор тривоги для представників тваринного світу наземних та біля водних екосистем під час будівництва та під час експлуатації носитиме локальний характер. Проведення будівельних робіт повинно бути заплановано в період, коли більшість представників фауни (в тому числі й іхтіофауни) є найбільш активними та в не репродуктивний період. Водозабірні споруди МГЕС повинні бути обладнані рибозахисними пристроями. Планована діяльність має не порушувати умови міграції водоплавних тварин. Будівництво рибоходу є необхідною умовою.

Ймовірний тимчасовий вплив на іхтіофауну в межах ділянки будівництва МГЕС під час виконання земляних робіт, оскільки при підвищенні мутності водойми порушуються природні умови існування ряду організмів фіто-, зоопланктону, бентосу, риб та інших гідробіонтів. В нерестовий період жодні роботи проводяться не будуть. Для відшкодування збитків завданих рибному господарству в процесі будівництва мають бути передбачені компенсаційні заходи – фінансове відшкодування. На території планованого будівництва повинні бути досліджені шляхи міграції птахів та тварин, місця нерестовища риби. В межах проектною територією повинні бути відсутні заповідні зони, а також ареали зростання видів рослин, занесених у Червону книгу України.

8 Об'єкти природно-заповідного фонду – вплив перспективних МГЕС повинен вивчатись. Потрібно зауважити недосконалість законодавства. На даний момент відсутнє нормативно-правове регулювання щодо оцінювання проектних промислових об'єктів, в тому числі МГЕС, в межах Смарагдової мережі.

9 Техногенне середовище – вплив перспективних МГЕС повинен вивчатись в межах конкретної ділянки. Вплив буде допустимий, якщо в межах земельної відсутні об'єкти техногенного середовища, які можуть зазнати негативних впливів від планованої діяльності; якщо проведення робіт з будівництва, не призведе до потреби у перекладці існуючих мереж інженерних комунікацій; якщо в межах території, виділеної під проведення робіт, відсутні пам'ятки історії та монументального мистецтва.

10 Відходи – вплив допустимий – в процесі будівництва і експлуатації МГЕС будуть утворюватися: відпрацьовані мастила, тверді побутові відходи та будівельне сміття, які мають бути передані спеціалізованим організаціям для утилізації.

11 Соціальне середовище (населення) – вплив допустимий. Розрахунковий неканцерогенний ризик для здоров'я населення під час впливу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря, є допустимим, ймовірність виникнення шкідливих ефектів у населення надзвичайно мала. Соціальний ризик оцінюється як «прийнятний». Будівництво та експлуатація МГЕС позитивно вплине на розвиток місцевої економіки через зайнятість місцевого населення під час будівництва та експлуатації, а також в більш довгостроковій перспективі – у вигляді орендної плати за земельну ділянку і податкових надходжень до місцевого бюджету, плати за послуги місцевих комунальних служб, і зайнятості технічного обслуговуючого персоналу. Проекти будівництва міні ГЕС передбачають залучення інвестицій в економіку Закарпатської області.

12 Матеріальні об'єкти, включаючи архітектурну, археологічну та культурну спадщину – вплив повинен вивчатись. В разі виявлення знахідки археологічного або історичного характеру передбачається повне припинення робіт у відповідності до вимог Закону України «Про охорону культурної спадщини».

Реалізація проектів будівництва МГЕС в Закарпатській області, за результатами досліджень авторів за умови дотримання захисних, відновлюваних, охоронних, ресурсозберігаючих та компенсаційних заходів під час будівництва, експлуатації МГЕС аж до завершення життєвого циклу може забезпечити прийнятний рівень природно-техногенної безпеки навколишнього середовища, не викликати суттєвих екологічних впливів, що виходять за межі можливих природних коливань компонентів довкілля.

Реалізація проєктів будівництва МГЕС в Закарпатській області з виробленням електроенергії із відновлювального джерела енергії (води) і передача та збут виробленої електроенергії до загальної мережі, підпорядкована завданням «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року», затвердженої 18.08.2017 № 605-р КМУ. Виробництво електроенергії з відновлюваних джерел як пріоритетне завдання сталого світового розвитку відзначено у „Доповіді ООН про світовий розвиток малої гідроенергетики 2016 р”. (Word Small Hydropower Development Report, WSHPDR) яка є результатом спільної роботи, проведеної Організацією Об'єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО), Міжнародним центром малої гідроенергетики (International Center on Small Hydro Power ICSHP) і більш ніж 230 місцевими і регіональними експертами по малій гідроенергетиці (МГЕ), включаючи інженерів, дослідників і державних службовців з усього світу.

Енергія залишається однією з найбільш важливих проблем людства і впливає на багато сфер життя, включаючи економіку, навколишнє середовище і розвиток. Сьогодні 1,2 мільярда чоловік, тобто приблизно 17 % населення планети, не мають доступу до електроенергії. Екологічно чиста енергія і доступ до електроенергії були визнані Організацією Об'єднаних Націй ключовими елементами розвитку. Доступ до електроенергії це сьома мета в галузі сталого розвитку (ЦУР).

Тож з огляду на події 2022 р. в Україні, реалізація проєктів МГЕС в Закарпатській області повинна стати пріоритетним політико-економічним рішенням. Оскільки вигоди значно перевищують ймовірні наслідки впливу на довкілля.

УДК 613.62:537.811

*Віола Вамболь – д.т.н., професор*  
*University of Life Sciences in Lublin, м. Люблін, Польща, Національний університет*  
*«Полтавська політехніка» ім. Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна;*  
*Олександр Труш – к.держ.упр., професор*  
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків, Україна;*  
*Nadeem Ahmad Khan – Dr., Assoc. Prof.*  
*Jamia Millia Islamia,*  
*м. Нью-Делі, Індія;*  
*Сергій Вамболь – д.т.н., професор*  
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*  
*м. Харків, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

Останнім часом питання енергетичних технологій стають все більш пріоритетними. Сучасний розвиток суспільства вимагає все більшого споживання енергії. Розуміння того, що нарощування об'ємів використання корисних ресурсів для видобутку споживчої енергії є не раціональним варіантом, призводить до потреби знаходження інших технологій, серед яких є утилізація. Видалення твердих побутових відходів (ТПВ) надає значні можливості поводження з ТПВ зміцнення енергетичної безпеки. У результаті дослідження в цій галузі набули популярності протягом останніх кількох десятиліть. Цей шлях може змінити майбутнє енергетики та управління навколишнім середовищем. Проте технологічні, соціально-економічні та правові виклики є каміннями спотикання, які необхідно подолати для успішного впровадження такої технології.

Загалом, поводження з ТПВ через шляхи екологічної переробки відходів (ЕПВ), наприклад, хімічні, біологічні та термічні, є більш ефективніше при ТПВ, ніж звичайні методи. Також стає очевидним, що статистика ТПВ (утворення, накопичення, склад тощо) можуть значно відрізнятися залежно від географічного розташування, соціально-економічних факторів тощо. Тому для вибору найкращої технології будуть необхідні конкретні стратегії, перспективи та дорожні карти для кожної ситуації. Нарешті, широкомасштабне впровадження цих технологій ЕПВ вимагало б економічних стимулів і сприятлива урядова політика.

Загальна кількість утворення ТПВ. За поточними оцінками, щорічне глобальне виробництво ТПВ становить 2,01 млрд. тон. За підрахунками у Європі щорічно утворюється понад 3000 млн. тон відходів. Утворення ТПВ враховуючи чисельність населення по різних частинам Європи представлено на рисунку 1.

Азійський регіон планети також не відстає в цьому випадку. Наприклад Індія виробила близько 52,9 млн. т. ТПВ у 2018 р., потім 53,2 млн. т. у 2019 р. [1]. Оскільки управління твердими відходами (УТВ) в Індії все ще розвивається, то покращився в порівнянні з роками відсоток відходів, що щорічно переробляються. Однак цей показник відносно низький (~ 60%) в порівнянні з розвиненими країнами.

Слід вказати що для азійського регіону ця проблема погіршується у зв'язку з зростанням населення. Тобто зростаюче населення виробляє все більше відходів, що призводить до більшої частки некерованих ТПВ [2-4].

В Україні 95% ТПВ вирушають на звалища, з яких половина працює нелегально. Система поводження з відходами в Україні вже багато років занепадає і причин цьому безліч:

- низька пріоритетність цієї проблеми на державному рівні;
- бездіяльність місцевої влади, яка зобов'язана організувати збирання та утилізацію сміття,
- низькі тарифи на цивілізоване поводження з відходами (коштів вистачає лише на їхнє транспортування до місця поховання, має бути державна дотація)

Щоб усвідомити важливість проблеми ТПВ та небезпека, що криється у звалищах та полігонах, достатньо уявити собі вантажний поїзд із 650 000 вагонів, наповнених сміттям. І це лише враховані та санкціоновані відходи, зібрані лише у 2015 році: понад 11 млн т. Система збирання побутових відходів охоплює лише 78% населення, а отже реальний обсяг ще на 15-25% більший.

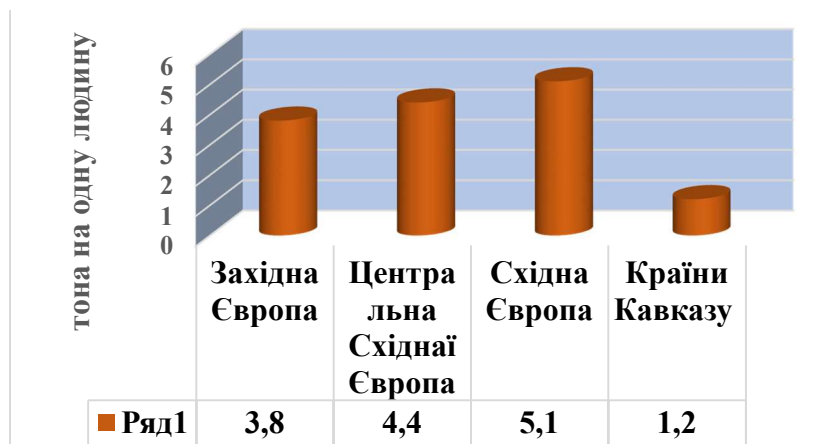


Рис. 1. – Утворення ТПО за регіонами Європи (тонн на 1 людину)

#### Проблеми поводження з ТПВ

Близько 33% ТПО, що утворюються, зовсім обробляється правильно [1]. Некеровані ТПВ створюють безліч проблем, а саме для збору, зберігання та транспортування. Від такого поводження виникають несанаційні ділянки з ТПВ що найбільш уражені і вимагають негайної уваги [5-7]. Враховуючи проведений аналіз літературних джерел, було визначено три основні причини які призводять до ускладнення процесу поводження з ТПВ.

По-перше, різноманітність складу ТПВ обумовлює необхідність адекватних процедур обробки, які вимагають великих витрат і часу [5].

По-друге, в країнах, що розвиваються, зазвичай не вистачає ТКО об'єкти збору на порозі і страждають від нижчих показників утилізації [6]. Отже, невелика кількість ТПВ переробляється, а решта ненауково утилізується на звалищах [7].

По-третє, країни, що розвиваються, не мають адекватних потужностей для обробки зростаючих обсягів ТПВ [7].



Таким чином, враховуючи кількість полігонів з ТПВ та їх площу, в таких країнах як Україна, технології утилізації можуть бути направлені на отримання енергетично корисного газового палива з цієї сировинної бази. Найпростішим (але не найраціональнішим) варіантом є побудова нових полігонів зберігання ТПВ з технологічними можливостями сортування відходів та отримання біогазу. Для вже існуючих полігонів слід знаходити варіанти що до переробки сміття. Прикладом було намір голландської компанії NextCare Invest B.V. будівництва комплексу з переробки побутових відходів в Житомирській області. Планувалось утилізація сміття не спалюючи його, а пресуючи тверді відходи, а органіку використовуватимуть для виробництва енергоресурсів, а також створити Енергопарк, що виробляє біомасу та біогаз.

Вище викладені причини часто призводять до нерегульованого поховання ТПВ на території і забруднюють як воду (наприклад, підземні води), так і повітря, що становить загрозу для людини, тварин і рослин. Тому значні зусилля необхідно впровадити надійні методи поводження з твердими відходами з мінімальними некерованими ТПВ.

Використовуючи сучасний підхід і методи ЕПВ можливо знизити навантаження на запаси копалин для задоволення енергетичних потреб населення світу, зводячи до мінімуму локальне забруднення в результаті некерованого ТПВ та їх ненаукова утилізація [8]. Таким чином, методи ЕПВ можуть допомогти країнам, що розвиваються, побудувати економіку замкнутого циклу в майбутньому [1].

Однак на методи ЕПВ можуть впливати місце, довкілля, географічні та інші соціально-економічні міркування [9]. Отже, стає обов'язковим вивчення та розуміння методів ЕПВ у більш деталі, щоб запропонувати великомасштабне, довгострокове здійснення адекватних технологій ЕПВ для країн, що розвиваються. До переходу на ЕПВ методи важливо обговорити переваги і недоліки деяких. Відомі процедури збору та обробки ТПВ, а також те, як ЕПВ методи можуть подолати ці обмеження.

Методи збору ТПВ. ТПВ можна використовувати по-різному; однак, розглядаючи його як ресурс для перетворення енергії є найважливішим. Два процеси можуть бути використовується для цієї мети біологічний процес, що використовується на санітарних звалищах та термічний процес у різних варіантах.

Важливим етапом є збирання перед обробкою та утилізацією відходів. (методи поділу та збору). Процеси збору та транспортування пов'язані з високими витратами у загальну вартість загального управління відходами, тому важливо оптимізували системи для виконання цих дій таким чином, з одного боку, зниження собівартості, а з іншого боку, більш ефективними, вони приносять користь як довкіллю. , і наступному стадії до їх обробки.

В даний час методи сортування та зберігання відходів здійснюються від дверей до дверей. бордюрні пункти, пункти видачі та зберігання у баках для змішаних відходів без поділу джерел [10].

У системі «від дверей до дверей» громадяни мусять відокремити відходи, що переробляються, від органічних відходів у поліетиленові пакети і здати на зберігання їх перед їхніми будинками. У системі збору біля узбіччя, знову ж таки, громадяни проводитиме роздільний збір відходів, але тепер вони розміщуються в контейнерах, розташованих на певній відстані, зазвичай в межах від 50 до 100 м. В

інших варіантах, громадяни розміщували розділені відходи в контейнери більшої місткості, розташовані на вулиці між 500 і 1000 м далеко від населених пунктів. Нарешті, при збиранні змішаних відходів ТПВ розміщуються у контейнерах без сортування (ця діяльність здійснюється утилізуючим персоналом). Звідти транспортується до центрів передачі та остаточної утилізації [10].

Існуючі системи збору можна поділити на формальні, неформальні та формалізовані модальності [10]. Традиційний збір відбувається, коли громадяни поділяють свої відходи та збір здійснюється муніципальним персоналом або звичайними приватними обслуговуваннями (формальна модальність), у той час як переробники здійснюють неформальний процес поділу відходів без будь-якої формалізації (неформальна модальність). Третя модальність є поєднанням двох попередніх з формалізованою системою. Для покращення процесу поділу-збору як правило використовуються різні стратегії,

Науковці в своїх розробках вже враховують оцінку використання життєвого циклу та математичні моделі для поліпшення поводження ТПВ починаючи з етапу збору. Далі йде врахування техніко-економічних характеристик країни-виробника, такі як всеосяжна база даних по інфраструктурі характеристики, утворення відходів, розрахунок складу структуру та фінансові параметри. Модель може бути ще більш складною, додавання інших факторів, таких як відстані, пройдені транспортними засобами, кількість будинку або баки для збору, кількість поїздок смітєвозів, робочий час, сезонні коливання і т.д. У цьому сенсі математичне програмування, геоінформаційні системи аналіз на основі ГІС і навіть алгоритми штучного інтелекту використовувалися для оптимізації поводження з ТПВ [11, 12]. В даний час автоматизація сортувальних заводів ТПВ були протестовані шляхом доповнення або заміни ручного сортування роботом зі штучним інтелектом [12].

#### *Література*

1. Shah AV, Srivastava VK, Mohanty SS, Varjani S. Municipal solid waste as a sustainable resource for energy production: state-of-the-art review. J Environ Chem Eng 2021;9:105717. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105717>.
2. Varjani S, Upasani VN. Bioaugmentation of Pseudomonas aeruginosa NCIM 5514 – A novel oily waste degrader for treatment of petroleum hydrocarbons. Bioresour Technol 2021;319:124240. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124240>.
3. Kumar G, Reddy KR, McDougall J. Numerical modeling of coupled biochemical and thermal behavior of municipal solid waste in landfills. Comput Geotech 2020; 128:103836. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2020.103836>.
4. Ren X, Liu T, Awasthi MK, Varjani S, Pandey A, Zhang Z. Municipal solid waste biorefineries: A case study in China. In: Waste Biorefinery. Elsevier; 2021. p. 439–57. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821879-2.00016-8>.
5. Soni A, Patil D, Argade K. Municipal solid waste management. Procedia Environ Sci 2016;35:119–26. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.057>.
6. Das S, Bhattacharyya BK. Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes. Waste Manage 2015;43:9–18. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.033>.
7. Negi H, Agrawal R, Verma A, Goel R. Municipal Solid Waste to Bioenergy: Current Status, Opportunities, and Challenges in Indian Context. In: New and Future

Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Elsevier; 2019. p. 191–203. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64191-5.00014-6>.

8. Yadav V, Karmakar S. Sustainable collection and transportation of municipal solid waste in urban centers. *Sustain Cities Society* 2020;53:101937. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101937>.

9. Khandelwal H, Thalla AK, Kumar S, Kumar R. Life cycle assessment of municipal solid waste management options for India. *Bioresour Technol* 2019;288:121515. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121515>.

10. Yıldız-Geyhan E, Yılan G, Altun-Çiftçioğlu GA, Kadırgan MAN. Environmental and social life cycle sustainability assessment of different packaging waste collection systems. *Resour Conserv Recycl* 2019;143:119–32. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.12.028>.

11. Bala A, Raugei M, Teixeira C, Fernández A, Pan-Montojo F, Fullana-i-Palmer P. Assessing the environmental performance of municipal solid waste collection: a new predictive LCA model. *Sustainability* 2021;13(11):5810.

12. Wilts H, Garcia BR, Garlito RG, Gómez LS, Prieto EG. Artificial intelligence in the sorting of municipal waste as an enabler of the circular economy. *Resources* 2021; 10(4):28.

УДК 620. 91(477)

*Оксана Онищук – к.т.н., доцент  
Волинський національний університет імені Лесі Українки,  
м. Луцьк, Україна*

## **ДО ОПИСУ АКТУАЛЬНИХ ВИДІВ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

Використання лише традиційних джерел енергії та погіршення екологічного стану вимагає від суспільства впровадження енергозберігаючих екологічно чистих джерел енергії. Положення щодо впровадження та використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії записані в законі України «Про енергозбереження», законі України «Про альтернативні джерела енергії» а також у «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року». В Законі України про енергозбереження вказано на необхідність широкомасштабного впровадження екологічно чистих відновлювальних джерел енергії в сфері тепlopостачання. Методи застосування теплонасосних інтегрованих систем тепlopостачання на основі комбінованого використання двох різнорідних відновлювальних джерел енергії, природні енергетичні властивості яких дозволяють покривати дефіцит одне одного, зокрема сонячної та ґрунтової енергії [3]. Однією з найбільших проблем впровадження нетрадиційних відновлювальних джерел енергії в Україні є добова та сезонна нерівномірність виробництва енергії, а також жорстка залежність від кліматичних умов, що призводить до обов'язкового використання резервного традиційного джерела енергії, що суттєво погіршує економічні показники роботи системи тепlopостачання в цілому[1].

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії стали останнім часом одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до ефективного рівня та розширення сфер використання. Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій їхнього використання, шкідливий вплив на довкілля, наслідки якого все більше і більше турбують світовому спільноту.

Альтернативна енергетика стає одним із базових напрямів розвитку технологій у світі, разом із інформаційними та нанотехнологіями вона стає важливою складовою нового постіндустріального технологічного укладу. До відновлюваних джерел енергії відносяться періодичні або сталі потоки енергії, що розповсюджуються в природі і обмежені лише стабільністю Землі. Найбільшого розповсюдження в світі набули автономні альтернативні системи енергозабезпечення на базі тільки одного джерела енергії, наприклад, автономні сонячні установки, системи утилізації біомаси і тепла геотермальних вод, вітряні установки та інші, що призначені для перетворення одного з видів нетрадиційних відновлювальних джерел енергії в теплову енергію.

Вирішити питання конкурентоспроможності систем альтернативного тепlopостачання можливо за рахунок впровадження систем нетрадиційного тепlopостачання з двома відновлювальними джерелами енергії, де вдало поєднуються можливості двох різнорідних за природними властивостями джерел, що здатні до взаємної компенсації дефіциту одне одного. Комплексне використання

енергоресурсів вирішує два основні завдання – зменшення вартості енергопостачання та підвищення енергобезпеки об'єкта. Зменшення вартості досягається застосуванням апаратів з більш високим ККД, більш низькими витратними характеристиками, автоматичними системами управління та ін.

Підвищення енергобезпеки, крім того, передбачає використання радіаційної та теплової складових сонячної енергії, тепла землі і води, кінетичної енергії повітряних потоків. Величезний запас енергії закладено в побутових відходах, стоках населених пунктів і промислових підприємств, відходи підприємств з виробництва і переробки сільськогосподарської продукції, переробка яких вирішує разом і питання захисту навколишнього середовища. Правильний підбір апаратів, а саме високоефективні теплогенератори, сонячні колектори і батареї, теплові насоси і технології ефективного енергопостачання можливі на основі енергоаудиту.

Україна володіє значним потенціалом нетрадиційних відновлювальних джерел енергії, доцільно-економічний базис якого приблизно дорівнює 100 млн т умовного палива, однак частка використання його у енергетичному балансі до цього часу є все ще незадовільною.

Гострота постановки проблеми енергетичної безпеки й способів її досягнення в даний момент в Україні підтверджується тим, що її економіка на сьогоднішній день вимагає нафти, природного газу, коксівного вугілля. Енергетичну проблему не можна вивчати односторонньо, її потрібно розглядати через проблему екології, пов'язану зі значним погіршенням екологічної обстановки через збільшення спалювання викопного палива, що приводить до росту концентрації парникових газів в атмосфері. Міжнародне енергетичне агентство і світова енергетична рада визначають збільшення споживання енергії у світі на 400 % до 2050 р., що спричинить за собою загострення проблеми зміни клімату. Альтернативні джерела енергії можуть зіграти в боротьбі з парниковим ефектом, для забезпечення стабільності енергопостачання й створення робочих місць у секторі малих і середніх підприємств, а також у сільському господарстві [4].

Використання колекторів – це лише частина системи перетворення сонячної енергії. Системи такого теплопостачання вважають одними з самих надійних і довговічних за умови, якщо вони правильно розраховані і якісно змонтовані. Будь-яка помилка може призвести до того, що система не буде виробляти бажану кількість теплової енергії або взагалі швидко вийде з ладу. Плоскі колектори широко використовують з причини невисокої вартості. Трубчасті вакуумні колектори – дорожчі продуктивніші, ніж плоскі колектори, і використовуються в Європі вже протягом 20-ти років.

Отже, можна сказати, що в змінних кліматичних умовах дана система альтернативного теплопостачання є досить надійною і здатною забезпечити необхідний температурний режим як гарячого водопостачання, так і системи опалення в цілому. До переваг цієї системи теплопостачання можна віднести: великий ступінь надійності забезпечений використанням двох відновлювальних джерел енергії з підключенням третього резервного; простота конструкції. До недоліків можна віднести: система опалення та гарячого водопостачання є змішані між собою, тобто вода береться з одного резервуара, а саме бака-акумулятора; збільшення ціни.

Подальша робота стосовно даної системи теплопостачання повинна бути направлена на розробку режимів роботи, а також систему керування.

*Література*

1. Денисова А. Е., Кальдерон Т. У. Оценка эффективности работы гелиосистем теплоснабжения в климатических условиях Украины // Придніпровський науковий вісник (Технічні науки). – 1998.

2. Паризька угода [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_l61](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61).

3. International Renewable Energy Agency (IRENA) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ec.europa.eu/knowledge4policy/organisation/irena-international-renewable-energy-agency\\_en](https://ec.europa.eu/knowledge4policy/organisation/irena-international-renewable-energy-agency_en).

4. \Відновлювана енергія. Чи може вона «перезарядити» Україну? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org/a/30230756.html>.

УДК 504.06

*Олена Хоменко – к.х.н., доцент;  
Андрій Ластабеженко – магістр  
Черкаський державний технологічний університет,  
м. Черкаси, Україна*

## **ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Енергетична галузь є однією з основних джерел забруднення повітряного басейну викидами, що надходять до атмосферного повітря від роботи паливовикористовуючого обладнання. До основних постачальників електричної енергії в Черкаській області відноситься Канівська ГЕС та Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно», якими вироблено в 2021 році 573,2 млн кВт·год та 796,3 млн кВт·год відповідно. Основними наслідками екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля в першу чергу є забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами, зокрема діоксидом сульфуру, оксидами нітрогену, твердими частками і важкими металами. Викиди парникових газів, що включають вуглекислий газ, метан та оксид нітрогену, сприяють глобальним змінам клімату.

Найбільш потужними забруднювачами атмосферного повітря серед електроенергетичних об'єктів є теплові електростанції на органічному паливі.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря Черкаської області за видами економічної діяльності наведено в таблиці.

Таблиця – Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря Черкаської області за видами економічної діяльності (2020 р.)

Види економічної діяльності	Обсяги викидів по регіону	
	тис. т	у % до підсумку
Усі види економічної діяльності	51,4	100
у тому числі:		
Сільське, лісове та рибне господарство	9,5	18,5
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	0,2	0,4
Переробна промисловість	13,3	25,9
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиціювання повітря	22,6	44
Оптова та роздрібна торгівля, ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	0,2	0,4
Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	1,3	2,5
Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування	0,4	0,8
Інші	3,9	7,5

Отже, згідно даних таблиці обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Черкаської області підприємствами постачання електроенергії,

газу, пари та кондиційованого повітря у 2020 році склали 22,6 тис. т, що становить 44 % від загального обсягу викидів від стаціонарних джерел області. З них валовий викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря від Черкаського ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно» у 2020 році становив 13,9 тис. т, що складає 61 % від загального обсягу викидів підприємств енергетичної галузі області [1].

Найбільш вагомими серед викидів забруднюючих речовин і парникових газів до атмосферного повітря при роботі теплових електростанцій, що спалюють органічне паливо, є викиди оксидів сульфуру, нітрогену, карбону і важких металів, зокрема миш'яку, кадмію, хрому, міді, ртуті, нікелю, свинцю, селену, цинку та в разі використання мазуту – ванадію). Менш вагомими є викиди неметанових летких органічних сполук, метану  $\text{CH}_4$ , оксиду нітрогену  $\text{N}_2\text{O}$ , оксиду карбону  $\text{CO}$  й аміаку  $\text{NH}_3$ .

В 2020 р. для розрахунку комплексного індексу забруднення атмосфери (ІЗА) міста Черкаси використовувались 5 найбільш пріоритетних домішок, таких як пил (3 клас небезпеки), діоксид нітрогену (3 клас небезпеки), аміак (4 клас небезпеки), формальдегід (2 клас небезпеки) та оксид нітрогену (3 клас небезпеки). Слід відзначити, що за 2020 рік ІЗА збільшився у 1,02 рази, що пояснюється зростанням середньорічної концентрації по аміаку, та становив 7,36, що вважається високим рівнем забруднення атмосферного повітря (при ІЗА від 7 до 13). Викиди оксидів  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  негативно впливають не лише на стан довкілля області, а й на стан захворюваності населення, зокрема хвороби органів дихання, що корелює із даними, що наведено на рисунку.

Структуру загальної захворюваності дорослого населення Черкаської області за 2020 рік представлено на рисунку.

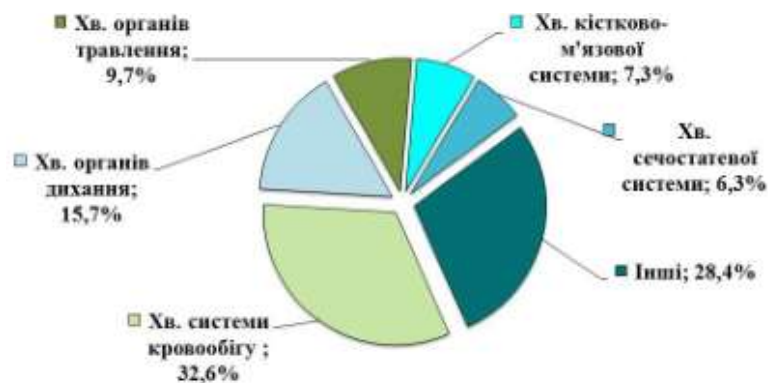


Рис. – Структура загальної захворюваності дорослого населення Черкаської області у 2020 році

Аналіз рисунку показує, що у 2020 році у рейтингу загальної захворюваності населення області хвороби органів дихання займають друге місце [2].

Зменшенню антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище сприятимуть саме розширення обсягів використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії, до яких відноситься вітрова, сонячна енергія та біопаливо, зокрема для опалення та постачання теплої води і виробництва електроенергії.



*Література*

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Черкаській області у 2020 році. – Ч.: Управління екології та природних ресурсів Черкаської обласної державної адміністрації, 2021. – 241 с.
2. Статистичний щорічник Черкаської області за 2020 рік / За редакцією В.П. Приймак. – Черкаси, 2021. – 420 с.

УДК 504.064.3

*Володимир Бахарев – д.т.н., професор;  
Олена Корцова – к.т.н., доцент  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
м. Кременчук, Україна;  
Вадим Гончарук  
ПП «Інтер-Еко», м. Вінниця, Україна*

### **ЩОДО СИСТЕМ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ І МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННИХ ВИКИДІВ НА ДЖЕРЕЛАХ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ (НА ПРИКЛАДІ КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ ТЕЦ)**

Системи безперервного контролю і моніторингу викидів (CEMS – *Continuous Emission Monitoring System*) вже 10-20 років застосовуються на різних об'єктах у всьому світі, включаючи і ТЕЦ [1]. У США системами безперервного моніторингу викидів відповідно до федерального законодавства (стандарт EPA CFR 40, частини 60 і 75) повинні бути обладнані всі енергетичні установки, що працюють на органічному паливі, потужністю більше 25 МВт. І вони ними обладнані та працюють. Єдине – в останні роки все більше результати моделюються та прогнозуються розрахунковими методами. У Китаї в 2001 році був прийнятий національний стандарт щодо викидів для енергетичних парових котлів, що працюють на природному газі, а в 2003 році – за викидами ТЕС на твердому паливі (близько 70% від потужності всіх ТЕС). У 2004 році в місті Чунцин в рамках національного китайського проекту на 25 підприємствах компанією *Horiba group* були встановлені системи безперервного моніторингу викидів, за допомогою яких була проведена оцінка фактичного забруднення атмосферного повітря в розглянутій території. Щоправда після цього національний стандарт неодноразово корегувався з огляду на надійність систем контролю. У Словенії в процесі реконструкції вугільної ТЕС в муніципалітеті Шоштань, що забезпечує близько третини всього енергоспоживання Словенії, була розроблена програма екологічного контролю ТЕЦ. Дана програма включає в себе не тільки постійний контроль викидів SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> і пилу в атмосферу за допомогою CEMS, але і безперервний моніторинг якості атмосферного повітря за допомогою 8 пунктів моніторингу в зоні впливу ТЕС і однієї мобільної станції моніторингу [1].

Що ж до України. Офіційно відомо лише той факт, що у 2006 році на котлоагрегаті № 3 Трипільської ТЕЦ фахівцями ДП «Укрналіт» встановлено пілотну систему контролю [2].

Було здійснено запити стосовно наявності систем контролю викидів на димовій трубі на такі теплоенергетичні об'єкти:

- Черкаська ТЕЦ ПрАТ «Черкаське хімволокно», уведена теплова (електрична) потужність – 200 МВт, основне паливо – вугілля марок «Д» і «Г»;
- ПрАТ «Харківська ТЕЦ-5», уведена теплова (електрична) потужність – 540 МВт, основне паливо – природний газ, резервне – мазут марок «40» і «100»;
- КП «Київтеплоенерго», структурний підрозділ «Київські ТЕЦ», ТЕЦ-5 – уведена теплова (електрична) потужність – 700 МВт, основне паливо – природний газ; ТЕЦ-6 – уведена теплова (електрична) потужність – 500 МВт, основне паливо

природний газ.

Аналіз одержаних відповідей дозволив зробити такі висновки:

- Черкаська ТЕЦ – автоматизована система контролю викидів на сьогодні відсутня;

- Харківська ТЕЦ-5 – вимірювання CO та O<sub>2</sub> здійснюється автоматично в межах газоходів кожного котлоагрегату, проте дані не архівуються та в он-лайн режимі не доступні, інші інгредієнти (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) – періодично, у разі потреби (за графіком), переносними газоаналізаторами.

- Київські ТЕЦ-5,6 – автоматизована система контролю викидів на сьогодні відсутня.

Інші дані стосовно досвіду встановлення та експлуатації датчиків саме на об'єктах теплоенергетики – відсутні.

За неофіційними даними основні джерела викидів на об'єктах АкселорМіттал Кривий Ріг обладнані датчиками автоматичного контролю, подібна ситуація на ХайдельбергЦемент Україна. Датчики встановлювали Грецькі та Турецькі фірми. Однак на сайтах компаній про це обмаль інформації, не кажучи вже про доступність он-лайн даних.

Така ситуація, суб'єктивно каже про те, що системи працюють ненадійно.

В Україні процеси автоматизації безперервного контролю та обліку викидів забруднюючих речовин не набули значного розповсюдження. У таких умовах логічним, з огляду на доцільність впровадження автоматизованого безперервного контролю та обліку викидів забруднюючих речовин саме на Кременчуцькій ТЕЦ, буде розглянути таку систему:

*«Законодавчо-нормативне забезпечення → техніко-технологічні можливості  
→ економічна доцільність → еколого-соціальна доцільність».*

1. Базовим законом, що регулює відносини у сфері екологічного стану атмосферного повітря є Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (ЗУ). Абзацами 2,3,4 та 5 статті 10 «Обов'язки підприємств, установ, організацій та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності щодо охорони атмосферного повітря» цього Закону чітко визначено зобов'язання суб'єктів підприємницької діяльності, які здійснюють викиди. Проте ЗУ не встановлює особливостей реалізації заходів за цими зобов'язаннями. На основі цього ЗУ в Україні розроблено нормативний документ СОУ-Н МПЕ 40.1.02.307:2005 «Установки спалювання на теплових електростанціях та в котельнях. Організація контролю за викидами в атмосферу». Цей документ визначає умови проведення безперервного чи періодичного контролю викидів на установках зі спалювання залежно від їх теплової потужності. Однак варто зазначити, що наявність такого нормативного документу ще не дає конкретному теплоенергетичному об'єкту усього обсягу нормативної документації для здійснення безперервного автоматичного контролю. Адже відсутні нормативні вимоги:

а) до проектування автоматизованих систем контролю і обліку викидів – а це попереднє обстеження, встановлення особливостей проектування, місця здійснення контролю, вимоги до проекту, прийому й уведення в експлуатацію, обсягу, якості, методів обробки і передавання даних результатів вимірювань;

б) до затверджених методів контролю вмісту забруднюючих речовин у відпрацьованих газах – а це методи ідентифікації кожної речовини, складу системи

вимірювання, похибки вимірювань, технічні умови застосування, відповідність міжнародним вимогам і директивам;

в) до правил техніки безпеки, кваліфікації обслуговуючого персоналу тощо.

Проте вказана інформація чітко зазначена у Наказі Мінприроди від 27.03.2009, № 148 «Про затвердження Правил створення та експлуатації автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки та Регламенту створення та функціонування автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки».

Отже, законодавчо-нормативне супроводження процесу створення автоматизованих систем контролю у цілому є достатнім. Хоча, на мою думку, має бути ще галузевий наказ, який адаптує вимоги ЗУ та наказу № 148 саме до умов теплоенергетичних об'єктів.

2. Техніко-технологічні аспекти питання встановлення автоматизованих систем контролю дуже тісно пов'язані як із законодавчо-нормативним забезпеченням цих процесів, так і з питаннями економічної доцільності.

Якщо брати до уваги інформацію з «ПРОЕКТУ організації місцевої екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи постійного контролю і спостереження за забрудненням атмосферного повітря в місті Кременчуці з урахуванням фактичного стану техногенного впливу підприємств міста на формування потенційних зон забруднення» (далі ПРОЕКТ), то мінімальна вартість одного комплексу датчиків для промислового контролю викидів на чотири основних газу та тверді речовини (пил) може становити 68 тис. ум. од. Однак не це головне, питання у тому, скільки потрібно комплектів аналітичного обладнання (саме датчиків) з урахуванням технологічних особливостей наприклад Кременчуцької ТЕЦ – 9 або 10 комплектів. Така сума звичайно не може бути витрачена у разі відсутності чіткої законодавчої вимоги. Проте для повноти аналізу ситуації необхідно розглянути питання еколого-соціальні.

3. Еколого-соціальні аспекти. Звичайно найважливіші, проте завжди програють у пріоритетності техніко-економічним особливо в умовах недосконалого законодавчо-нормативного забезпечення. ПРОЕКТОМ встановлено, що маркерною речовиною для Кременчуцької ТЕЦ є SO<sub>2</sub> (сульфуру(IV) оксид) саме у той час, коли ТЕЦ працює на мазуті. Між тим до ТЕЦ з боку громадськості й не було нарікань в той час, коли вона працює на газу, бо громадяни оцінюють небезпечність викидів за кольором факелу викиду. В той час як фактично уникнути надмірних викидів можна лише шляхом їх обґрунтованого скорочення. Згідно з положенням абзацу 8, статті 11 ЗУ заходи зі зниження викидів на промислових підприємствах застосовуються лише у випадку «...Якщо за результатами спостережень за станом атмосферного повітря або розрахунковими даними встановлено зони, де внаслідок причин об'єктивного характеру встановлено перевищення нормативів екологічної безпеки...». Таким чином, чіткою законодавчою підставою для планування та здійснення будь яких заходів спрямованих на зниження викидів або удосконалення процедури їх контролю мають бути зафіксовані об'єктивні факти перевищень нормативів ГДК. Ці ж факти є підставою для активних громадян і громадських організацій щодо різного роду звернень як судового характеру, так з метою здійснення контролюючими організаціями позапланових перевірок діяльності об'єкта. З огляду на це варто зазначити, що за даними Кременчуцької ЛСЗА,

приведеними у звіті з НДР «Оцінка екологічної ситуації, що склалась у районі Північного промвузла м. Кременчука, до якого належать потужні підприємства-забруднювачі (ПАТ «Укртатнафта», філія Кременчуцька ТЕЦ ПАТ «Полтаваобленерго», ПАТ «КЗТВ», промивально-пропарювальна станція ВП «Вагонне депо Кременчук» та ін.), виконавець ТОВ «Промекологія» можна зробити висновок, що середньодобові концентрації діоксиду сірки значно менше норм чистоти атмосферного повітря і становлять 0,12-0,17 ГДК<sub>с.д.</sub> (системних випадків перевищень ГДК не спостерігається також за іншими «основними» речовинами – СО та NO<sub>x</sub>. Аналогічні результати можна одержати внаслідок аналізу даних вимірювань пересувною лабораторією КП «Центр еколого-соціальних досліджень».

Отже, у відповідь на еколого-соціальну доцільність упровадження екологічно спрямованих заходів на Кременчуцькій ТЕЦ, у тому числі – автоматизованої системи контролю забруднюючих речовин у викидах – можна зазначити, що систематичні факти забруднення атмосферного повітря міста Кременчука на діоксид сірки (SO<sub>2</sub>) – відсутні.

#### ВИСНОВКИ.

1. У розрізі актуальності питання – реалізація автоматизованих систем промислового контролю викидів забруднюючих речовин заснована на показниках безперервного аналізу кількісних характеристик викидів за допомогою датчиків є актуальним питанням незалежно від політичної складової та вектору руху країни. Наші «сусіди» з усіх боків значно активніші та просунуті у цьому питанні та мають значний практичний досвід реалізації. Отже, для України в цілому та ТОВ «Кременчуцька ТЕЦ» це просто питання часу.

2. У розрізі доцільності для ТОВ «Кременчуцька ТЕЦ» – нагальна потреба з проектування автоматизованої системи та встановлення датчиків – відсутня. Такий висновок базується на відповідності вимогам ст. 11 ЗУ «Про охорону атмосферного повітря» та п. 4.6 «РЕГЛАМЕНТу створення та функціонування автоматизованих систем екологічного контролю і моніторингу об'єктів підвищеної екологічної небезпеки», затвердженого Наказом Мінприроди України від 27.03.2009, № 148. Достовірна статистична інформація щодо системних перевищень норм ГДК в атмосферному повітрі саме у зоні ймовірного впливу ТЕЦ маркерної (SO<sub>2</sub>) та основних СО, NO<sub>x</sub>. – відсутня. Саме цей факт юридично ставить під питання доцільність створення автоматизованої системи контролю на джерелах викидів ТЕЦ.

3. Базуючись на інформації попереднього пункту узагальнюючих висновків можна зробити прогноз – у межах діючого законодавства необхідність встановлення датчиків може бути доведена за результатами 2-3 річних досліджень стану атмосферного повітря саме в зоні впливу ТЕЦ (для цього спочатку треба ще встановити стаціонарний пост). Проте саме п.4.6 наказу № 148 створює «подвійний стандарт»: абзац перший – наявність зафіксованих перевищень встановлених нормативів на викиди; абзац другий – наявність перевищень ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в зоні впливу об'єкта. У такому випадку, на перспективу, можна розглядати таку ситуацію: стаціонарний пост встановили, перевищення з SO<sub>2</sub> зафіксували, треба встановлювати датчики. Проте зона впливу ТЕЦ, як це на приклад в Кременчуці, накладається на зони впливу інших потужних промислових об'єктів, що знов приводить до риторичного питання «Хто винен?». Однак у даному випадку ТЕЦ може перестрахуватися, базуючись саме на вимогах

першого абзацу п. 4.6. Це можна зробити шляхом автоматизованого контролю витрати основних видів палива на котлоагрегатах з перерахунком на кількість забруднюючих речовин. Таким чином можна буде аргументовано стверджувати про те, що об'єкт не перевищує доведених лімітів на викиди. Реалізація такого роду проекту є також достатньо коштовною, однак у значно менших обсягах ніж встановлення датчиків на забруднюючі речовини.

#### *Література*

1. Зменшення викидів у тепловій електроенергетиці України через виконання вимог Європейського енергетичного співтовариства. Міжнародний центр перспективних досліджень. Київ, 2011. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://cdn.regulation.gov.ua/f6/d7/98/00/regulation.gov.ua\\_File\\_191.pdf](https://cdn.regulation.gov.ua/f6/d7/98/00/regulation.gov.ua_File_191.pdf) (дата звернення: 06.11.2022).

2. Максименко Ю.Н., Цвелих Ю.М. Система контролю викидів токсичних газів на теплоелектростанції. *Технології та конструювання в електронній апаратурі*, 2006, № 4, С. 24–27. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/52965/05-Maksimenko.pdf?sequence=1>. (дата звернення: 06.11.2022).

УДК 504.064.3

*Олег Мандрик – д.т.н., професор;  
Олег Туць – аспірант  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ ЗБИТКИ ВНАСЛІДОК АВАРІЙ НА МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДАХ**

Статистичний аналіз відмов та аварійних ситуацій, що відбуваються на магістральних газопроводах показав, що близько 10% аварій супроводжуються значними екологічними та економічними збитками. При цьому, найбільша екологічна небезпека притаманна трубопроводам великого діаметру 1020-1420 мм. Утворення зони загазованості під час аварій у газотранспортній системі має дуже обмежені розміри, що викликане високою інтенсивністю витікання газу, його високою летючістю та малим часом витікання. При розгерметизації газопроводу відбувається викид газу в 90 % випадків через утворення свища у стінці труби діаметром 8-25 мм до моменту усунення витікання, а в 10% випадків спостерігається повний розрив труби. У переважній більшості випадків джерелом займання є іскри, що утворюються при зіткненні фрагментів труби або ударів по трубі твердих частинок. Згідно з аналізом вітчизняних та зарубіжних статистичних даних [1, 2] під час гільйотинного руйнування магістральних газопроводів пожежі виникають у 50-60% випадків. Імовірність загорання газу і сценарій самої пожежі значною мірою залежить від особливостей укладання трубопроводу у ґрунт та від положення осі труби щодо поверхні у місці розриву. У залежності від типу ґрунту можлива реалізація одного з двох сценаріїв витікання та горіння газу.

Характер розвитку аварії на транспортних магістралях стиснутого газу визначається особливостями руйнування газопроводу. На газопроводах великого діаметру (більше 500 мм) внаслідок значного запасу енергії пружності в матеріалі труби при її розгерметизації розвивається тріщина, яка розповсюджується уздовж труби на десятки і сотні метрів з швидкістю близько 1000 м/с.

Однак, у половині випадків під час витікання газу при гільйотинному руйнуванні магістральних газопроводів відбувається загорання газу на місці пошкодження. Збитки від забруднення атмосфери визначаються згідно Постанови КМ України №912 від 05.08.2009 року "Про внесення зміни до Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору". Виходячи з маси забруднюючих речовин, що розсіюються в атмосфері, всі аварійні викиди вважаються понадлімітними. Маса продуктів згорання природного газу визначають розрахунковим шляхом в залежності від питомих показників, що наведені у таблиці.

Також слід відзначити, що при аваріях на магістральних трубопроводах в основному виділяється метан, який є парниковим газом і впливає на глобальне потепління. Так, ефект від дії 1 кг метану на часовому горизонті у 20 років еквівалентний потенціалу глобального потепління від 21 кг вуглекислого газу.

Крім того, коли повітря у зоні аварії є надмірно вологим, оксиди вуглецю чи азоту розсіюючись вітром, можуть утворювати кислоти, які випадаючи на землю, знищують рослинність та інші живі організми.

Таблиця – Розрахункова маса продуктів згорання

№	Шкідлива домішка	Емісія при факельному горінні природного газу, кг/1000 м <sup>3</sup> газу
1	Оксид вуглецю	15,3
2	Оксид азоту	2,3
3	Метан	0,4

Отже, оцінювання екологічних збитків при аваріях на магістральних газопроводах можна проводити після визначення кількості небезпечних речовин, зон дії вражаючих факторів аварій та ймовірностей ураження при різних сценаріях розвитку аварійних подій.

#### *Література*

1. Мандрик О.М. Розвиток наукових основ підвищення рівня екологічної безпеки при транспортуванні природного газу/ О.М.Мандрик. – автореф. дис. на здоб. наук ступ. доктора техн. наук.- Івано-Франківськ, 2013. – 40с.
2. Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів / Говдяк Р. М., Семчук Я. М., Чабанович Л. Б. [та ін.] – Івано-Франківськ: Лілея НВ, 2007. – 556 с.



UDC 504.064.3

*Lihet Mihaela Anamaria – PhD student  
Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Engineering,  
Baia Mare, Romania*

## **AIR QUALITY MONITORING IN THE MUNICIPALITY OF BAI A MARE**

The development of industry and the increase in primary energy consumption lead to environmental pollution (air, water, groundwater, etc.), so that this activity causes negative effects on people's health and on global climate change. The effects of climate change are increasingly visible in Romania and internationally, whether it is intense heat waves, droughts that destroy agricultural production, floods or threats to biodiversity caused by wildfires.

Air is the environmental factor that constitutes the fastest support that favors the transport of pollutants in the environment. Air pollution has many and significant adverse effects on human health. Diseases like lung cancer, pneumonia, asthma and even strokes seems to be related to living in a polluted environment. Air pollution can cause damage to flora and fauna in general by polluting the soil and the water, thus polluting the food we eat and the water we drink. Also, air pollution has the same effect on animals as it has on humans and it's causing an uninhabitable environment for them. For these reasons, special attention needs to be paid to the activity of monitoring, maintaining, and improving air quality.

The top five sources of air pollution are the indoor burning of fossil fuels and wood to cook, heat and light homes; industry, including power generation such as coal plants and diesel generators; transport, in special vehicles with diesel engines; agriculture, including animal husbandry, which produce methane and ammonia. Some of the same pollutants contribute to both climate change and local air pollution, including black carbon or soot – produced by inefficient combustion in sources such as stoves and diesel engines – and methane.

Air pollution is one of the forms of pollution with major, disastrous effects on the environment. From a technical point of view, any physical, biological, or chemical change in the atmosphere can be called air pollution and occurs when any harmful gas, dust or smoke enters the atmosphere and affects plants, animals as well as human beings. Implicitly, air pollution implies pollution of the atmosphere and thus any gas or substance entering the atmosphere can create unwanted imbalances in the medium and long term.

That is why the thinning of the ozone layer in the atmosphere (the one that protects us from the negative effects of ultraviolet radiation) caused by air pollution represents a major threat to the existence of ecosystems on the planet and represents the supreme challenge that humanity must overcome despite political differences from the international scene. The main subject of this paper is focused on the air, more precisely its quality and the anthropogenic elements it contains, often beyond the limits allowed by the regulations.

УДК 67.017

*Марина Романова – викладач  
Слов'янський енергобудівний фаховий коледж,  
м. Слов'янськ, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТЕС У ГАЛУЗІ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Актуальність дослідження. Промисловість будівельних матеріалів є найбільшим потенційним споживачем промислових відходів, де питома вага сировини досягає 50%. Використання промислових відходів у будівельній промисловості є перспективним напрямом зниження собівартості продукції, а також зменшення негативного впливу на довкілля.

Мета дослідження – використання відходів ТЕС у галузі виробництва будівельних матеріалів.

Виклад основного матеріалу. Електрична станція — це електротехнічна споруда, на якій в електричну енергію перетворюють теплову, механічну або хімічну енергію природних джерел, насамперед палива (вугілля, нафти, природного газу, горючих сланців, торфу) і води. Теплові електростанції на твердому паливі виявляються одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища.

З точки зору екології, вугілля є найбільше забруднюючим докілья викопним паливом. Він містить різні домішки, мінеральні компоненти, сірку, азот, важкі метали, і це обмежує його корисність, як палива. Питома вага ТЕС у структурі виробництва електроенергії (понад 40%) призвело до того, що у відвалах накопичилося велика кількість золошлакових відходів.

Сучасне будівництво передбачає вирішення проблем енергозбереження та екології шляхом вдосконалення технологій виробництва будівельних матеріалів та впровадження методів виробництва з низьким рівнем викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин. Будівельні матеріали повинні відповідати певним сучасним критеріям, перш за все, економічності. Використання відходів ТЕС при виробництві матеріалів обходиться у 2—3 рази дешевше, ніж природна сировина. Витрата палива при використанні окремих видів відходів знижується на 10-40%, а питома капіталовкладення на 30-50%. Таким чином, виробники намагаються здешевити свою продукцію без втрати якості, а використання відходів ТЕС позитивно впливає на покращення екології.

Золошлакові відходи (ЗШВ) – нова мінеральна сировина, яка може стати товарним продуктом: за хімічним, гранулометричним та фазово-мінералогічним складами ЗШВ багато в чому ідентичні природній мінеральній сировині, що дозволяє використовувати їх для виробництва будівельних матеріалів та виробів найширшої номенклатури.

Розглянемо використання ЗШВ на прикладі будівельних матеріалів.

Пористі наповнювачі з відходів ТЕС. Вихідною сировиною для виробництва зольного гравію служать золі ТЕС, які видаляються сухим золовідбором і системою гідровидалення, зокрема відвальні золошлакові суміші (ЗШС). Вміст у золі незгорілих частинок має бути, як правило, не більше 10%. Якщо їх більше, розробка

ускладнюється. Вміст у золі тривалентного заліза  $Fe_2O_3$  має бути не менше 7%, а оксидів кальцію та магнію – не більше 8%.

Будівельні розчини із застосуванням золи ТЕС. Введення до складу будівельних розчинів від 20% тонкодисперсної летючої золи ТЕС дає економію портландцементу високих марок. У цьому випадку зола виконує функцію мінерального мікронаповнювача цементу, що сприяє збільшенню пластичності розчинів.

Вченими досліджено можливість застосування в розчинах кладок ЗШС одночасно і як тонкодисперсної добавки, і як дрібнозернистого заповнювача. У ЗШС тонкодисперсні частинки виконують роль активної мінеральної добавки і тому їх загальний вміст може бути вищим за 20%.

Бетони на основі золи. Досвід роботи заводів низки країн показав, що економічно доцільно вводити золу до складу звичайного бетону: при заміні частини цементу золою покращується зручність укладання бетонної суміші за рахунок гладкої поверхні та сферичної форми зольних частинок, кількість яких тим більша, чим тонша зола. Відповідно до цього зменшується і кількість води для отримання необхідної консистенції бетонної суміші та покращуються її показники: підвищується пластичність, однорідність та щільність бетонної суміші. Зола дозволяє покращити гранулометрію піску, у якому відсутні дрібні фракції. Особливо доцільно її додавати в бетонні суміші, що важко обробляються, з малою кількістю цементу.

Використання летючої золи та золошлакових відходів ТЕС у керамзитобетоні замість кварцового піску, знижує його щільність на 40 – 80 кг/м<sup>3</sup> і дозволяє скоротити витрати цементу при виробництві бетону на 15-50 кг у розрахунку на 1 м<sup>3</sup> бетону. При цьому підвищується корозійна стійкість та теплофізичні показники бетону.

Застосування летючої золи під час виробництва бетону забезпечує максимальну економію цементу (10-25% залежно від виду, якості заповнювачів та типу конструкцій).

Аналіз стану проблеми використання мінеральних добавок до в'язких речовин для виробництва бетону показав, що цей клас добавок – доменні гранульовані шлаки, золи та золошлакові суміші ТЕС – дозволяє отримувати багатокомпонентні системи з певними експлуатаційними характеристиками та сприяє створенню безвідходних технологій та покращення екологічного стану навколишнього середовища. Однак багатокомпонентний цемент характеризується переважно зниженою міцністю (на 1-2 марки), яка стримує широке використання мінеральних добавок у виробництві бетону та збірного залізобетону.

Введення при виробництві бетону тонкомолотого шлаку в кількості 40-60% замість еквівалентної частини цементу дозволяє отримувати бетони, міцність яких у 1,5-2 рази вища за міцність бетонів на промислово виготовленому цементі. Бетони з добавкою шлаку характеризуються підвищеною сульфатостійкістю, задовільною морозостійкістю та іншими позитивними властивостями.

Гарячий укатаний асфальт застосовується для покриття автомобільних доріг та особливо доріг з великим навантаженням. Асфальт виробляють шляхом нагрівання суміші мінеральних компонентів наповнювачів та бітуму до високої температури, потім суміш укладають і коткують. В якості заповнювача використовується вапняковий пил. Заміна його летючою золою покращує

властивості укладеної суміші в порівнянні зі звичайним асфальтом: зменшує щільність та підвищує довговічність. Також варто враховувати економію енергії. Летуча зола використовується і в пінобітумних продуктах, де за рахунок сферичності частинок золи можна знизити витрати бітуму.

Ксеносфери – порожні частки силікатного скла, які розширилися; основне застосування цього матеріалу з низькими щільністю та теплопровідністю, високою міцністю, стійкістю до кислот і низьким вологозаміщенням – як інертний заповнювач, у звичайних пластмасах, склопластиках, вогнестійкому облицюванні, а також виробництво дорожнього покриття, шпаклівки, матеріалів для ремонту, бетону, добавок до ізолюючих матеріалів та вогнетривкої глини.

Аерована кераміка. Експериментальні розробки в США та Великій Британії показали, що зола може використовуватися при виробництві аерованої (спіненої) кераміки шляхом додавання невеликих кількостей пінного агента та інших матеріалів.

Сучасні прогресивні технології утилізації зольних залишків в Україні. В Україні золошлаки офіційно називають відходами, і електростанції пропонують споживачам саме відходи, а не технологічно доопрацьований продукт із відповідністю його характеристик до вимог будівельних нормативних документів.

Досвід використання золошлаків ТЕС у Німеччині. У Німеччині всі ТЕС оснащені силосами для ЗШВ. Наприклад, на ТЕС "Мольке" загальний обсяг силосів – 60 тис. т, вихід золи – 600 тис. т/год. При ТЕС немає жодних відвалів золи.

Побічні продукти ТЕС експортуються до сусідніх країн. Для летючої золи обов'язково наявність сертифіката, якщо вона йде у будівництво та індустрію будівництва.

У Німеччині 3,1 млн т цементу замінюється золою. Зола утилізувалася екологічно чистим методом. Заощаджуються ресурси, енергія, необхідна для виробництва цементу; скорочено викиди CO<sub>2</sub> на 3,1 млн. т (при виробництві 1 т цементу відбуваються викиди 1т CO<sub>2</sub>, що відповідає вимогам Кіотського протоколу щодо зниження викидів CO<sub>2</sub>. Окупуються витрати на силоси, транспорт, заробітну плату.

Основні напрямки збільшення використання золошлакових відходів: В системі раціонального природокористування дуже важливо змінити погляд на відходи ТЕС, розглядати їх не у якості забруднюючих речовин, які вимагають контролю, а вважати їх джерелами сировини та матеріалів.

Використання ЗШВ можна вважати бізнес-напрямком. Для досягнення цієї мети доцільно розробити пропозиції щодо економічного стимулювання використання ЗШВ із включенням відповідних положень до проєкту закону "Про вторинні матеріальні ресурси". Одночасно підготувати проєкт програми разом із залученням зацікавлених галузей економіки.

Однією з основних напрямів збільшення виробництва та реалізації товарів із ЗШВ є освоєння регіональних ринків збуту будівельних матеріалів.

Висновки. Величезна ефективність застосування золошлакових відходів ТЕС у виробництві будівельних матеріалів полягає у зменшенні витрати сировинних матеріалів, паливно-енергетичних ресурсів, скорочення технологічного циклу виробництва виробів, поліпшенні їх властивостей; істотна економія та екологічна доцільність полягає у ліквідації золошлакових відвалів.

В Україні таке виробництво поки що у стадії розвитку. Якщо в нашій країні будуть стабільно переробляти відходи, це вплине не тільки на економіку країни, але й на стан екології. Долучення більшості прогресивних країн світу до переробки відходів ТЕС значно облегшить негативний вплив людства на планету і уповільнить деякі незворотні процеси.

#### *Література*

1. Кутовий, В. О. Золовідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля. Вісті Автомобільно -дорожнього інституту. – 2006. – № 1(2). – С. 90-94.
2. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології: підр. 2 – е вид., зі змінами. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
3. Бобович, Б. Б. Переробка відходів виробництва і споживання / Б. Б. Бобович, В. В. Девяткін //Справочное издание. – М.: Інтернет Інжиніринг, 2000. – 496 с.
4. Пронин, С. В. Проблеми утилізації промислових відходів. Зольні відходи / С. В. Пронин // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности: межвуз. сб. науч. тр. – 2009 – Вып. 6. – С. 37-39.
5. Хлопицький, О. О. Перспективи розвиток переробки твердих шлакових відходів теплових електростанцій у готові продукти / О. О. Хлопицький, Н. П. Макарченко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013 – № 3 (42) –С. 91-93.
6. Іванов, В. В. Фізико – хімічні властивості золошлакових відходів від спалювання вугілля / В. В. Іванов, І. В. Івано // Маркшейдер. вестн. – 2008. – № 2 (64). – С. 55-57.
7. Ларичкин, В. В. Комплексная переробка золошлакових відходів вугільних електростанцій / В. В. Ларичкин, Н. І. Ларичкина, Е. В. Мокроусова // Рециклинг отходов. – 2010. – № 3 (27). – С. 18-20.
8. Борисенко, Л.Ф. Перспективи Використання зола вугільний теплових електростанція / Л. Ф. Борисенко, Л. М. Делицин, А. С. Власов // ЗАТ «Геоінформмарк». М., 2001 – 68 с.
9. Хлопицький, А. А. Перспективи утилізації золошлакових відходів теплових електростанцій / А. А. Хлопицький, Н. П. Макарченко // Універсум: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2013. – № 1 (1).
10. Сысоев, Ю. М. Перспективи використання золошлаков / Ю. М. Сысоев // Комплексное використання зол вуглей в народному господарстві Іркутськ: Изд – во Иркут. ун – та, 1989. – С. 9-10.
11. Радовенчик, В. М.Тверді відходи: збір, переробка, складування: навч. пос. / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.
12. Петросов, А. А. Виробництво цементу з золи теплових електростанцій / А. А. Петросов // Горн. журнал. – 2007. – № 11. – С. 50-51.

УДК 620:338:621.3

*Тетяна Степаненко – к.е.н., доцент  
ННЦ «Інститут аграрної економіки»,  
м. Київ, Україна*

## **ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Враховуючи суспільно-економічні процеси та розвиток науково-технічного прогресу, більшість розвинутих держав розробляють свої управлінські структури, ґрунтуючись, перш за все на пріоритетах екології, економії та енергетики. Базовим елементом цих трьох складових є екологічна безпека та захист навколишнього природного середовища. Споживання енергії пов'язане майже з усіма видами господарської діяльності людини: опаленням будинків, приготуванням їжі, рухом транспортних засобів, промисловістю, сільськогосподарським виробництвом, тощо. Освоєння різних видів енергії у світовому масштабі призвело до стрімкого зростання рівня життя. Сьогоднішні люди дуже залежні від енергетики. Доступні джерела енергії класифікую таким чином: викопне паливо (вугілля і горючі сланці, нафта, природний газ); ядерна і термоядерна енергія; відновлювані енергетичні ресурси (енергія води, вітру, сонця, термальних вод, деревини, торфу тощо). Найбезпечнішими, безумовно, є відновлювані енергетичні ресурси.

Будь-яке виробництво енергії істотно впливає на природокористування. Спалювання викопного твердого та рідкого палива супроводжується виділенням сірчистого, вуглекислого і чадного газів, а також оксидів нітрогену, пилу, сажі та інших забруднювальних речовин. Видобуток вугілля відкритим способом та торфорозробки, ведуть до зміни природних ландшафтів, а іноді й до їх руйнування. Розливи нафти і нафтопродуктів при видобутку і транспортуванні здатні знищити все живе на величезних територіях (акваторіях). Вкрай негативно позначається на ландшафтах, рослинному і тваринному світі створення інфраструктури, необхідної для вугле, нафто та газовидобутку.

Будівництво та експлуатація великих гідроелектростанцій приводить до: відселення людей із зони затоплення, знищення цінних видів риб, для яких греблі стають нездоланими перешкодами на шляху до нерестовища, втрати лісів і високородючих земель, збільшення ризику виникнення руйнівних землетрусів у передгірних і гірських районах, підвищення ризику катастрофічних повеней у місцевостях, що знаходяться нижче за течією, зміни ландшафтів і їх руйнування.

Атомна енергетика є потенційно небезпечною через можливі аварії на енергоустановках, що супроводжуються викидом у довкілля радіоактивних матеріалів. Окрім того, викликають проблеми переробки ядерних відходів та їх захоронення, що обходиться дуже дорого і не має надійного інженерного рішення. В свою чергу, ядерні відходи залишаються небезпечними протягом сотень і тисяч років. Особливо актуальною ця тема є для України, котра постраждала від наслідків вибуху на Чорнобильській АЕС (26 квітня 1986 р.).

Більш безпечні відновлювані джерела енергії також можуть негативно впливати на довкілля. Експлуатація станцій, які виробляють енергію за допомогою відновлюваних енергетичних джерел, пов'язана з вилученням з обігу значних

земельних ділянок і, ймовірно, в майбутньому буде супроводжуватися тими чи іншими негативними наслідками для довкілля: змінами ландшафтів (вітряки, сонячні батареї), підвищеним рівнем шуму (вітряки), забрудненням ґрунтів (геотермальні енергоустановки та установки, які працюють на біомасі), згубними впливами на інші природні ресурси (припливно-відпливні електростанції).

В останні роки світові політики і населення висловлюють побоювання через загострення глобальних екологічних проблем таких, як кислотні опади та зміна клімату, а також оцінюючи наслідки впливу цих процесів на довкілля.

Враховуючи вищеописану ситуацію найраціональнішим рішенням можна вважати енергозбереження. Саме воно повинно стати пріоритетним у стратегії розвитку будь-якої країни, адже запаси традиційних джерел енергії обмежені.

За останні роки Україні вдалося досягти значних результатів у розвитку відновлюваної енергетики. Лише на початок 2022 року її встановлена потужність сукупно склала 9,5 ГВт, а обсяг інвестицій у галузь сягнув \$12 млрд. Ймовірно, темпи її розвитку й надалі росли б, аби не вторгнення Російської Федерації (24 лютого 2022 р.). Через війну, яка триває, половина об'єктів ВДЕ перебуває під загрозою повної або часткової руйнації – в областях, де тривають активні бойові дії, перебуває 57% встановленої потужності електростанцій на відновлюваних джерелах енергії. Також чимало станцій ВДЕ знаходяться в сусідніх з воєнним діями регіонах. Водночас інвестори не поспішають вкладати гроші, чекаючи стабілізації ситуації та розуміння подальшої картини війни.

У Швейцарії м. Лугано Україна презентувала власну візію післявоєнного відновлення на суму понад \$750 млрд, який включатиме 850 проєктів для відбудови країни. Знайшлося тут місце, звісно, і національним програмам, що спрямовані на розвиток енергетичного сектору, в тому числі відновлюваних джерел енергії. Вони загалом оцінюються у 130 млрд доларів. Укрінформ проаналізував, які плани у сфері «зеленої» енергетики мала наша держава до 24 лютого, та те, наскільки реалістичними є нові прагнення уряду.

В Енергетичній стратегії України на період до 2035 року передбачається, що частка відновлюваних джерел у українському енергоміксі становитиме 12% у 2025 році, 17% - у 2030 та 25% - у 2035. За фактом, у 2021 році частка ВДЕ у виробництві електроенергії становила 8%.

Торік у листопаді, під час 26-го Кліматичного саміту ООН (COP26) у Глазго, Україна вкотре підтвердила свої наміри розвивати безвуглецеву енергетику. Ми маємо стати карбононейтральною країною до 2060 року. Шлях до цього – відмова від вугільних та газових електростанцій, пошук альтернативних джерел енергії. За заявами уряду, Україна мала до 2035 року відмовитися від вугілля. Натомість, вугільну генерацію мала замінити атомна енергетика та ВДЕ.

З боку державного регулювання енергетичного питання, збільшення потужностей ВДЕ є досить важливим та невід'ємним компонентом подальшого розвитку. По-перше, зниження «вуглецевих» виробників зміцнить позицію України на політичній арені. Це допоможе в майбутньому залучати більше капітальних інвестицій у розвиток ВДЕ. По-друге, щойно «зелений тариф» припинить діяти, ціна електроенергії з альтернативних джерел енергії різко впаде. У період його дії сонячні (СЕС) та вітрові (ВЕС) електростанції швидко скуповуються, а отже, є досить конкурентоспроможними на ринку. Для них операційні витрати є низькими,

оскільки для генерації електроенергії не потрібно закуповувати вугілля. Проте задля забезпечення здорової конкуренції без дії «зеленого тарифу» потрібен дієвий ринок електроенергії. Зелена енергетика з часом може бути досить дієвим та успішним інструментом для будь-якого сегмента бізнесу, особливо в період інновацій та відновлення.

При вирішенні питання впливу виробництва електроенергії на природокористування необхідно враховувати екосистемний екологічний підхід, економічні механізми та «зелені» технології, як наслідок, дотримання принципів сталого розвитку та принципів екологічної економіки.



УДК 502.2 : 504.05

*Марія Орфанова – к.т.н., доцент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОЄКТУ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН**

Глобалізація екологічних проблем є закономірністю сучасного розвитку людства, що проявляється у масштабах та швидкості поширення екологічних проблем. У зв'язку актуальності набуває транскордонне співробітництво як чинник сталого розвитку. Співробітництво є ефективним інструментом сталого розвитку регіонів, що дозволяє вирішувати екологічні проблеми саме прикордонних територій.

Важливим аспектом при транскордонному співробітництві є не тільки проведення спільних досліджень та аналіз отриманих результатів, обмін досвідом, а й можливість залучення здобувачів вищої освіти до виконання окремих видів робіт.

І тоді вже актуальним постає модернізація усього освітнього простору у закладах вищої освіти з елементами сталого розвитку. Екологічна освіта за своєю суттю є міждисциплінарним процесом. Підвищення рівня освіти має відбуватись на основі інтеграції знань. Ідеологія викладання дисциплін має базуватись на принципах циркулярної економіки та European Green Deal. Тому, необхідно забезпечити екологічну підготовку фахівців з метою формування в них активної громадської позиції щодо вирішення проблем захисту навколишнього середовища і сталого розвитку. Ефективним підходом буде формування у здобувачів есо-skills, що забезпечить практичну спрямованість екологічної освіти.

Основними завданнями екологічної освіти є формування:

- фундаментальних екологічних знань,
- екологічного мислення,
- розуміння екологічних проблем на різних рівнях (глобальному, державному, регіональному, галузевому);
- формування екологічної відповідальності на основі системних знань про екологічні проблеми сучасності та можливості впровадження концепції сталого розвитку, сучасної цивілізації та навколишнього середовища;
- формування знань і вмінь дослідницького характеру, які забезпечують креативний підхід до розв'язання екологічних проблем;
- формування мотивації й потреби в екологічно безпечній та екологічно раціональній діяльності, формування усвідомлення необхідності розв'язання екологічних завдань, здатності до багатоаспектної (правової, економічної, моральної тощо) оцінки екологічних ситуацій.

В рамках використання результатів міжнародного проєкту «Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище» HUSKROUA/1702/6.1/0022 необхідно провести модернізувати існуючі дисципліни та розробити нові сучасні курси.

В межах проєкту дослідження проводились щодо виникнення техногенних фізичних полів від об'єктів виробництва та передачі електроенергії та їх негативного

впливу на компоненти природного середовища. Вивчалися такі техногенні поля: електромагнітне, шумове, вібраційне та радіаційне.

Базуючись на напрямках проведених досліджень та отриманих результатах, можна модернізувати наступні дисципліни, які викладаються в межах освітньо-професійної програми «Екологія», та ввести відповідні змістовні модулі у теоретичний курс, а також розробити нові практичні/лабораторні роботи:

- Біоіндикація та біотестування;
- Екологія людини;
- Екологія міських систем;
- Екологічні контрольні-вимірювальні прилади;
- Фізичні поля природного та техногенного походження;
- Техноекологія;
- Екологічне картування.

У теоретичні та практичні/лабораторні курси дисциплін можна ввести наступні питання: вплив електромагнітного випромінювання, шуму, вібрацій на біоту та рослинний покрив, вплив електромагнітного випромінювання, шуму на людину, фізичне забруднення урбосистем, вплив ТЕС, ГЕС, ВЕС на навколишнє середовище, захист від електромагнітного, вібраційного та шумового впливу, прогнозування впливів систем енергозабезпечення на довкілля, визначення рівня шуму.

На даний час результати досліджень використовуються у наступних дисциплінах:

– «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище» розширена теоретична частина щодо джерел електромагнітного випромінювання, шумового та вібраційного забруднення, нормування енергетичних навантажень на навколишнє середовище, а у практичній частині введені нові роботи «Електромагнітні поля від мобільних телефонів» і «Електромагнітні поля у населеному пункті»;

– «Екологія нафтогазового комплексу» у теоретичному курсі введена інформація про шумовий та вібраційний вплив виробничої діяльності об'єктів нафтогазового комплексу та норми їх впливу на людину;

– «Надзвичайні ситуації в нафтогазовій галузі» у теоретичній частині викладається матеріал щодо видів техногенних фізичних полів, джерел їх виникнення на нафтогазових підприємствах.

Також можна ввести нову дисципліну «Фізична екологія», яка б охоплювала наступні основні питання: електростатичні і електромагнітні забруднення, захист від впливу електромагнітних полів, теплове випромінювання, теплове забруднення, парниковий ефект, шумове забруднення, інфразвук, ультразвук, вібрація та її негативний вплив на довкілля, ультрафіолетове випромінювання, техногенні джерела ультрафіолетового випромінювання, радіоактивне забруднення довкілля.

В той же час, прилади дозволяють проводити широкий спектр практичних досліджень, що значно розширюють тематику як лабораторних, так й практичних занять студентів.

### *Література*

1. Кібік О.М., Хаймінова Ю.В. Транскордонне співробітництво як чинник сталого розвитку економічних систем // Результати наукових конференцій Навчально-

наукового інституту економіки, менеджменту та міжнародного бізнесу НТУ «ХПІ» за 2021 рік, Харків, 2021. – С. 35-37.

2. Мандрик О.М., Мальований М.С., Орфанова М.М. Екологічна освіта для сталого розвитку // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. №1 (19). 2019. С. 130-139.

3. Тройникова Н.Д., Пилипенко О.О., Головка Л.С. Формування есо-skills для сталого розвитку // Сталый розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний молодіжний конгрес, 10-11 лютого 2022, Україна, Львів : Збірник матеріалів — Київ : Яроченко Я. В., 2022. – С. 266.

УДК 504.06; 621.373; 772.99

*Богдан Карпінський – аспірант  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ПРОБЛЕМАТИКА ЛІКВІДАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ ОБ'ЄКТАМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ**

Господарська діяльність людини практично не можлива без використання нафти і нафтопродуктів, які займають одне з перших місць за ступенем забруднення навколишнього середовища. Основними джерелами таких забруднень є нафтопереробні підприємства, нафтосховища, нафтопроводи і транспорт, а основними шляхами забруднення – аварійні виливи нафтопродуктів під час їх транспортування до місця призначення та аварії на підприємствах. Тому для сучасної цивілізації стали закономірними екологічні катастрофи, пов'язані з наземними виливами нафтопродуктів. Такі забруднення негативно впливають на ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні води.

Нафтогазовий комплекс завжди відігравав важливу роль у розвитку Карпатського регіону.

Під час видобування нафти і газу на теренах Карпатського регіону, експлуатувалися і досі експлуатуються тисячі нафтових свердловин. За архівними даними польського Карпатського Геологічно-Нафтового інституту, м. Краків (Збірник «KOPALNICTWO NAFTOWE W POLSCE, Karpacki Instytut Geologiczno-Naftowe, 1939 r. , Nr. 1) у січні 1939 р. на теренах Івано-Франківської та Львівської областей в експлуатації знаходилось 3645 нафтових свердловин. Видобуток нафти із вказаних свердловин фактично припинився після 1950 р. у зв'язку із бурінням нових свердловин у більш продуктивних регіонах.

За попередньою оцінкою, біля 1000 свердловин та гірничих виробок візуально не визначаються, у зв'язку із зміною рельєфу території протягом XIX-XX ст. Координати вказаних свердловин можна визначити тільки за наявністю нафтових витоків і загазованістю територій старих нафтопромислів, а також за інформацією від спеціалізованого електромагнітного георадару.

Для прикладу, в Івано-Франківській області на старих нафтопромислах (родовища Космач – Верховинський район, Кубаш, Майдан, Надія – Надвірнянський район та ін.) внаслідок природного відновлення пластових тисків та порушення герметичності старих обсадних колон спостерігаються прояви самовиливу нафти і мінералізованих пластових вод, а також викиди газу (рис. 1).

У Карпатському регіоні не проведені детальні дослідження щодо визначення рівня забруднення ґрунтів та підземної прісної води за рахунок фільтрації вуглеводнів у ґрунтовий та четвертинний покриви від старих нафтопромислів із деградованими нафтогазовими свердловинами. Існує потреба у проведенні наступних досліджень:

- відбір та аналіз проб води, ґрунтів та порід четвертинних відкладів з глибин до 50 м;
- дослідження процесів фільтрації прісної води та вуглеводнів у ґрунтах та четвертинних відкладах на насипних моделях пластів;

- оцінювання зон забруднень ґрунтів та прісних вод Карпатського регіону на основі інформації від створеної мережі спостережних свердловин глибиною 20-50 м;
- вивчення проникності нафтоводяних сумішей у четвертинних відкладах.



Рис. 1 – Свердловина Надія-2 старого нафтопромислу Надія

Основними причинами нафтовиливів та загазованості території у місцях локалізації старих нафтогазових свердловин є:

- геологічні процеси у сейсмічно активній зоні Карпатської дуги;
- неякісне цементування обсадних колон свердловин, а у більшості випадків і відсутність цементу у позаколонному просторі свердловин пробурених до 1945 р;
- неякісно проведені роботи з ліквідації (консервації) свердловин у післявоєнний період 1945-1950 рр.

Розклад нафти і нафтопродуктів у природних умовах відбувається протягом багатьох років. Продукти їх первинного розкладу є набагато сильнішими екоотоксикантами від нафтопродуктів. Відомо, що в місцях розливів нафти і нафтопродуктів на ґрунт трав'яний покрив не з'являється протягом багатьох років.

Актуальність напрямку досліджень полягає в потребі отримання достовірної інформації про розміри площ забруднень та впливів на довкілля великої кількості вуглеводнів, які вже відбулися та в подальшому створюють значне негативне техногенне навантаження на атмосферне повітря, родючі землі, ґрунтовий покрив, а також на пластові прісні води, які залигають на глибинах до 1000 м.

Для оцінки кількості природного газу, який виділяється із деградованої свердловина Надія-2 старого нафтопромислу Надія (рис. 2), проведені вимірювання концентрацій природного газу з допомогою інфрачервоного лазерного детектора газу у місці виливу нафти із свердловини. Орієнтовний дебіт газу складає 200-300 м<sup>3</sup>/добу. За період 1943-2021 рр. ймовірна кількість природного газу, виділена свердловиною в атмосферу, складає 8564400 м<sup>3</sup>. В основному це парниковий газ метан.

Кожна територія має свої специфічні природно-кліматичні умови, типи ґрунтів, рослинний і тваринний світ, мікроландшафт, водну мережу, а тому методи і технології для одних територій не відповідають умовам інших територій і не будуть практично ефективними.



Рис. 2 – Вимірювання концентрацій природного газу в районі витоків нафти із свердловини Надія-2

На вирішення завдання з реабілітації території від аварійних виливів нафтопродуктів істотно впливає вибір методу, який повинен базуватися на обстеженні території і повинен включати: визначення площі та глибини забруднення; визначення кількісного вмісту нафтопродукту в ґрунті; аналіз агрохімічного стану ґрунту, рН, вологість, вміст азоту, калію, фосфору; мікробіологічний контроль. Тому, виходячи з наших умов, варто розробити спеціальні методи і технології реабілітації ґрунтів від нафтопродуктів і рекомендувати їх для практичного використання.

#### *Література*

1. Geoinf.kiev.ua [інтернет-портал]. ДНВП "Геоінформ України" 2016-2022 URL:<https://geoinf.kiev.ua/>
2. Абрамов Ю.О. Моніторинг надзвичайних ситуацій / Ю.О. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін та ін. – Харків : Вид-во АЦЗУ, 2005. – 530 с.

УДК 621.311

*Валентина Коберник  
Інститут загальної енергетики НАН України,  
м. Київ, Україна*

## **ПОКАЗНИКИ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ З УРАХУВАННЯМ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ**

Майбутнє енергетики України неможливе без інтеграції до спільного європейського енергетичного ринку в частині декарбонізації. Останнім часом актуальність вирішення проблем декарбонізації значно загострилась у зв'язку з приєднанням України до Договору про заснування Енергетичного співтовариства. Україна підтримала Європейський зелений курс у напрямку розвитку низьковуглецевої енергетики країни. Перехід України до низьковуглецевої економіки визначено у Стратегії низьковуглецевого розвитку до 2050 року та у Національній економічній стратегії на період до 2030 року. Виходячи з наведеного вище, метою цієї статті є порівняння показників різних технологій теплової енергетики на твердому паливі з урахуванням декарбонізації.

Показники різних технологій виробництва електроенергії на ТЕС і ТЕЦ в світі представлені в звіті МЕА «Projected Costs of Generating Electricity 2020» [1]. В таблицях для окремих країн розглянуті наступні технології для ТЕС на кам'яному і бурому вугіллі: надкритичного тиску (НКТ) та ультранадкритичного тиску (УНКТ) без уловлювання і зберігання вуглецю (CCUS) і з CCUS. Надані наступні показники: потужність (МВт), ККД (%), капітальні витрати (дол. США/кВт встановленої потужності, включають проектування, закупки, спорудження і непередбачувані витрати), інвестиційні витрати (дол. США/кВт встановленої потужності, окрім капітальних включають дисконтні ставки при спорудженні (3%, 7% або 10%)). Проаналізовані показники з дисконтною ставкою 10%.

Інвестиційні витрати значно відрізняються для різних країн. На ТЕС, що працюють на кам'яному вугіллі, вони складають (дол. США/кВт): для НКТ в Австралії 2961, а в США 4267, що на 44% більше; для НКТ CCUS в Австралії 5463, а в США 5633, таким чином CCUS збільшує витрати на 84% в Австралії і на 32% в США.

На основі таблиць з [1], де надані ККД для кожної установки з різних країн, були розраховані питомі витрати умовного палива, далі визначені середні значення для технологій. Середні питомі витрати умовного палива для ТЕС найнижчі для ПГУ, найвищі при спалюванні бурого вугілля, використання технології CCUS додає (г у.п./кВт·год): для ПГУ 62; для НКТ (кам'яне вугілля) 90; для НКТ (буре вугілля) 217.

Аналіз методів та критеріїв оцінки енергетичних технологій показує, що в умовах динамічного зростання цін найбільш надійним з них є метод оцінювання витрат життєвого циклу, який дозволяє відслідкувати ці зміни.

В роботі «Levelised Cost of Electricity Calculator» [2] МЕА надало інтерактивні таблиці оцінок приведеної вартості виробництва електроенергії (LCOE) різних технологій на ТЕС і ТЕЦ у 2020 році. Цей калькулятор представляє дані LCOE зі складовими витрат. Повзунки дозволяють коригувати допущення, такі як ставка дисконтування і витрати на паливо. Вихідні постійні дані за замовчуванням:

податок на вуглець – 30 дол.США/т; вартість тепла – 37,06 дол./МВт·год. Нижче розглянуті показники за встановленої потужності установок 325 МВт.

Для окремих країн розглянуті наступні технології – для ТЕС на газовому паливі: ПГУ без CCUS і з CCUS; ГТУ; для ТЕС на твердому паливі установки на кам'яному і бурому вугіллі: НКТ та УНКТ з і без CCUS. Для ТЕЦ розглянуті ПГУ, ГТУ, УНКТ та установки на бурому вугіллі та біомасі. Надані наступні показники: потужність установки (МВт), інвестиційні, постійні експлуатаційні, паливні, вуглецеві витрати та LCOE (дол./МВт·год виробленої електроенергії).

Для ТЕС (потужністю 325 МВт) розраховані середні значення LCOE для технологій, що працюють на газовому і твердому (кам'яне вугілля) паливі. LCOE (цент/кВт·год) найнижчі для ПГУ (5,92), а найвищі для ГТУ (10,42) і НКТ з CCUS (12,23). Використання з НКТ технологією CCUS додає до LCOE 3,22 цент/кВт·год, а УНКТ зменшує LCOE на 0,6 з 9,01 цент/кВт·год.

Частка паливних витрат в LCOE у різних країнах складає (%): 33-64 для ПГУ; 31-67 для ГТУ; НКТ 19-21 (США, Австралія); НКТ з CCUS 16-21 (США, Австралія); УНКТ 29-36. Частка вуглецевих витрат в LCOE коливається від 10% до 32% при спалюванні кам'яного вугілля.

Пріоритетні завдання декарбонізації енергетики можуть бути вирішені шляхом заміни існуючого устаткування на нове, що відповідає сучасним екологічним вимогам.

У грудні 2020 року вийшло дослідження, присвячене розвитку технологій уловлювання та зберігання вуглецю (Carbon Capture and Storage, CCS) і їх економіці [3]. В Австралії Центр енергетичної політики випустив доповідь «Перевірка в реальних умовах: Чому CCS не грає ролі в енергетичній системі Австралії». Газова генерація не розглядалася, оскільки використання CCS в електроенергетиці в світі орієнтоване на вугільні електростанції, і поки немає прикладів застосування технології на газових електростанціях. Результати аналізу показали, що будувати нові вугільні електростанції, оснащені CCS, не має економічного сенсу. Вартість виробленої електроенергії виходить в кілька разів дорожче, ніж від ВЕС і СЕС, навіть з накопиченням енергії. В роботі підраховано, що вартість виробництва електроенергії у нового генератора, що працює на кам'яному вугіллі, в поєднанні з CCS становитиме 280-322, а для буровугільної станції – 314-363 австралійських доларів за МВт·год. Точно оцінити витрати CCS неможливо, «оскільки в світі існує тільки два проекти з виробництва електроенергії комерційного масштабу з використанням CCS. Один вже законсервований, а другий працює набагато нижче проектної потужності». Але CCS знижує вуглецевий слід не до нуля. У 2017 р. викиди вугільної генерації з CCS оцінювали в 109 г CO<sub>2</sub>, а газової з CCS в 78 г CO<sub>2</sub> (для життєвого циклу).

Глобальний інститут CCS (Global CCS Institute) випустив доповідь про світовий розвиток технологій CCS (Global Status of CCS 2020). Згідно з доповіддю, загальна потужність діючих і розроблених проектів CCS за останній рік зросла в світі на 33% (на 2020 р. їх 65, з них функціонують 26, найбільше в газовій промисловості, які вловлюють 40 млн т CO<sub>2</sub> / рік. За сценарієм сталого розвитку МЕА до 2050 р. в світі за допомогою CCS необхідно вловлювати понад 5 млрд. т CO<sub>2</sub>. Лідером є США, де діє найефективніша в світі підтримка CCS. В цілому, «впровадження технології відбувається недостатньо швидко для досягнення кліматичних цілей до 2050 року,



коли кількість об'єктів CCS необхідно буде збільшити більш ніж в сто разів», – наголошено в доповіді. З вищенаведеного випливає, що:

- CCS досі знаходиться на ранній стадії розвитку, у світі діють одиничні об'єкти. Технологія може не перейти в масову.

- Для широко впровадження CCS потрібен високий податок на викиди вуглекислого газу.

- Технологія вважається необхідною для продовження століття вуглеводнів, тому нафтогазові компанії активно інвестують в цей сектор.

- При застосуванні в електроенергетиці CCS значно збільшує вартість електроенергії.

Світові тенденції та перспективи розвитку вугільних ТЕС.

Незважаючи на те, що МЕА прогнозувало зростання попиту на енергетичне вугілля навіть після 2030 р., виробництво електроенергії на вугільному паливі знижується і досягло мінімуму в 2019 році. В даний час в усьому світі спостерігається значне скорочення роботи ТЕС на вугіллі. Зниження споживання енергетичного вугілля підтверджується в США, ЄС, Китаї та Японії. В результаті аналізу Інституту економіки енергетики та фінансового аналізу (IEEFA, США) встановлено, що світове виробництво електроенергії з вугілля в 2019 р. знизилось приблизно на 3% (300 ТВт·год), що є найбільшим падінням за всю історію (після десятиліть безперервного зростання) [4].

Хоча у світі додаються нові електростанції, що працюють на вугіллі, їх світовий середній КВВП знижується. Після піку в 62% в 2011 р. вугільні електростанції в 2019 р. працювали в середньому 54% часу. Вугільна інфраструктура багатьох країн світу старіє і втрачає гнучкість. Майбутнє вугільної генерації в світі обмежено. ВДЕ стають все більш дешевими. Світова електрична генерація зараз знаходиться на стадії фундаментальної трансформації, яка набирає обертів і, ймовірно, прискориться, особливо у зв'язку з досягненнями в області накопичення енергії [4].

Країни Західної Європи приймають, головним чином з екологічних міркувань, рішення про припинення використання вугілля в енергетиці: Великобританія – з 2025 р. (у 2022 р. закриються 7 вугільних ТЕС); Італія – з 2025 р.; Франція – з 2023 р., а по можливості з 2021 р.; Нідерланди – з 2030 р., а першу вугільну ТЕС відключать у 2021 р.; Швеція – з 2022 р.; Австрія – з 2025 р.; Фінляндія – з 2029 р.; Німеччина – з 2038 р. Зниження частки вугільної генерації буде відбуватися за рахунок зростання потужностей інших видів енергоносіїв. Можливе падіння частки вугільної генерації в світі з 37–38% в 2018 р. до 20–25% в 2040 р. [5].

У США в 2019 р. відбулося рекордне зменшення виробництва електроенергії на вугіллі. Потужність вугільних ТЕС знизилась на 13,9% у порівнянні з 2018 р., а використання вугілля у виробництві електроенергії зменшилось на 13,0%. У 2019 р. закрито вугільні станції загальною потужністю 14,0 ГВт [4].

Разом з тим у деяких країнах Євросоюзу розвинута вуглевидобувна промисловість серйозно стримує і навіть блокує рух до відмови від вугільної генерації, у тому числі і через небажані соціальні наслідки закриття підприємств. Така ситуація характерна для Болгарії, Румунії, Угорщини, Чехії, Греції, Польщі, Іспанії. Незважаючи на наявність загальноєвропейських екологічних цілей, в ЄС немає єдності щодо відмови від вугільної енергетики. Отже, вугілля продовжить грати важливу роль в енергетиці ряду європейських країн, але в довгостроковій

перспективі можна з упевненістю очікувати поступового скорочення частки вугілля у виробництві електроенергії. 79% вугільних електростанцій ЄС у 2019 р. працювали зі збитками. Аналіз економічної ефективності кожної вугільної електростанції в ЄС довів, що вугілля не є найдешевшим джерелом енергії. Конкуренція з боку сонячної і вітрової енергетики призводить до того, що фінансове становище вугільних електростанцій стає все гіршим [6, 7].

В даний час ніхто в світі повністю не відмовляється від вугільної генерації, але частка її знижуватиметься, а нові екологічні норми будуть стимулювати впровадження більш ефективних і екологічно чистих технологій виробництва електроенергії.

#### *Література*

1. Projected Costs of Generating Electricity 2020. MEA. – 2020. – 243 p. URL: [https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2020-12/egc-2020\\_2020-12-09\\_18-26-46\\_781.pdf](https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2020-12/egc-2020_2020-12-09_18-26-46_781.pdf)
2. Levelised Cost of Electricity Calculator. – 2020. URL: <https://www.iea.org/articles/levelised-cost-of-electricity-calculator>
3. О развитии и экономике технологий улавливания и хранения углерода (CCS). Электровести. 25.12.2020. URL: [https://elektrovesti.net/73916\\_o-razvitii-i-ekonomike-tehnologiy-ulavlivaniya-i-khraneniya-ugleroda-ccs](https://elektrovesti.net/73916_o-razvitii-i-ekonomike-tehnologiy-ulavlivaniya-i-khraneniya-ugleroda-ccs)
4. Buckley T. IEEFA update: Global coal power set for record fall in 2019. URL: <https://ieefa.org/ieefa-update-global-coal-power-set-for-record-fall-in-2019/>
5. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А. Парижское соглашение по климату, Covid-19 и водородная энергетика – новые реалии добычи и потребления угля в странах ЕС и Азии в период до 2040 года // Горная промышленность. – 2021. – № 1. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-1-00-00.
6. Wamsted D. IEEFA U.S.: PacifiCorp's transition to renewables and battery storage sets a new industry pace. URL: <http://ieefa.org/ieefa-u-s-pacificorps-transition-to-renewables-and-battery-storage-sets-a-new-industry-pace/>
7. Солнечные электростанции в сочетании с системами хранения электроэнергии расшатывают экономику американских угольных электростанций. URL: [https://elektrovesti.net/65830\\_solnechnye-elektrostantsii-v-sochetanii-s-sistemami-khraneniya-elektroenergii-rasshatyvayut-ekonomiku-amerikanskikh-ugolnykh-elektrostantsiy](https://elektrovesti.net/65830_solnechnye-elektrostantsii-v-sochetanii-s-sistemami-khraneniya-elektroenergii-rasshatyvayut-ekonomiku-amerikanskikh-ugolnykh-elektrostantsiy)

УДК 551.7+477.86

*Роман Михайлюк – аспірант  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ САМОДІЮЧОГО ШЛЮЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ МСЕ**

Всі методи боротьби з затопленням території населених пунктів безпосередньо пов'язані з виконанням значних об'ємів земляних робіт, будівництвом спеціальних споруд і тому при проектуванні вимагають усестороннього аналізу і обґрунтування та вибору найбільш економічно доцільних і доступних варіантів проекту.

Але аналізуючи основні способи захисту території населених пунктів від затоплення слід відзначити, що навіть при їх оптимальному використанні залишається проблема затоплення територій через притоки річок. Тому варто зосередити увагу на пошук технічного рішення, яке б дало змогу проводити відкачування води із притоки у річку без застосування вартісного, складного за конструкцією та енерговитратного обладнання. Одним з перспективних рішень є використання самодіючих шлюзів.

Метою роботи є дослідження гідродинамічних параметрів запропонованої конструкції самодіючого шлюзу для запобігання паводкових розливів за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ).

Запропоновано конструкцію гідротехнічної споруди (самодіючого шлюзу для запобігання паводковим розливам), що призначена для запобігання затоплення територій внаслідок розливу рік і може бути використана для регулювання рівня води в гідротехнічних системах. Показано, що використання розробленої конструкції дасть змогу значно зменшити негативні наслідки на територіях від можливих паводкових розливів.

Для підтвердження працездатності та дослідження гідродинамічних параметрів самодіючого шлюзу розроблено його тривимірну модель у програмі *SolidWorks*. Проведене імітаційне моделювання запропонованої конструкції ежекторного насоса в програмному модулі *FlowSimulation* підтвердило її працездатність та дало змогу визначити у ній розподіл тисків і швидкостей руху рідини. Встановлено, що витрата рідини, яка протікає через поперечний переріз трубопроводу для відбору води із притоки, складає  $0,055 \text{ м}^3/\text{с}$  за швидкості течії річки  $3 \text{ м/с}$ .

Варто зауважити, що досліджена конструкція ежекторного насоса є тільки прототипом і в подальшому потребує оптимізації геометричних та гідродинамічних параметрів. Завдяки оптимізації можна буде отримати більші швидкості руху води у трубопроводі відбору із притоки, зменшити гідравлічний опір конструкції ежекторного насоса тощо.

УДК 504.06

*Андрій Редько – аспірант  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ВІДКРИТИХ ГІРСЬКИХ ВИРОБОК**

Порушені землі після рекультивації можуть бути використані під рілля, сіножаті, лісопосадки, а також і для інших цілей, наприклад, під спортивні та ігрові майданчики, парки, кемпінги, будівництво.

У науковій літературі має місце велика кількість робіт щодо класифікації рекультивованих земель. Так, з урахуванням специфіки порушених земель та економічних можливостей застосовується сільськогосподарський, лісгосподарський, водогосподарський, рибгосподарський, рекреаційний, природоохоронний, санітарно-гігієнічний, будівельний та комбінований напрями рекультивації.

За даними літератури під рекультивацією розуміється комплекс інженерних, біологічних та інших заходів, спрямованих на відновлення продуктивності та господарської цінності територій, порушених промисловістю, а також покращення стану навколишнього середовища відповідно до інтересів суспільства [1-3 та ін.]. У зарубіжній літературі під рекультивацією розуміється процес відновлення чи надання корисного значення деградованим або спустошеним землям шляхом відповідного моделювання земель, а також покращення фізико-хімічних властивостей ґрунтів [4, 5 та ін.].

В інтересах екологічної безпеки та сталого розвитку ряд промислово розвинених країн почали приймати закони та програми, спрямовані на охорону та відновлення довкілля від впливу гірничодобувної діяльності. Велика увага меліорації приділялася у США, Німеччині, Польщі, Великій Британії, а потім і в інших країнах [6-8 та ін.].

Вимоги до рекультивації порушених земель за напрямками їх цільового використання відповідно до вимог ДСТУ 7705:2015 [9] та полягають у наступному.

При сільськогосподарському напрямку рекультивації земель ділянки, що формуються, повинні бути зручними за рельєфом, розмірами та формою. Поверхневий шар повинен бути складений породами, придатними для біологічної рекультивації. Розміри та планування ділянок повинні забезпечувати продуктивне використання сучасної сільськогосподарської техніки та виключення розвитку ерозійних процесів та зсувів ґрунту.

Перед підготовкою земель під рілля на малопродуктивні землі наносять родючий шар ґрунту. У разі відсутності необхідної кількості ґрунту наносять потенційно родючі землі. Для формування кореневого шару проводять агротехнічні та меліоративні заходи щодо підвищення родючості потенційно родючих земель з подальшим вирощуванням на них однорічних, багаторічних злакових та бобових культур.

При лісгосподарському напрямі використання створюють ліси експлуатаційного призначення, а за потреби – ліси захисного, водорегулюючого та рекреаційного призначення. Підбирають деревні та чагарникові рослини з

урахуванням класифікації гірських порід, характеру гідрогеологічного режиму та інших екологічних факторів.

Водогосподарський напрямок використання порушених земель передбачає створення водойм різного призначення в кар'єрних виїмках, траншеях та на деформованих ділянках шахтних полів. Створення водойм включає будівництво відповідних гідротехнічних споруд, необхідних для затоплення кар'єрних виїмок та підтримки в них розрахункового рівня води, проведення заходів щодо запобігання зсувам та розмиву берегів з урахуванням комплексного їх використання переважно для цілей водопостачання, рибництва, зрошення та рекреаційних цілей. У зв'язку з цим токсичні породи ложа та бортів водоймища, а також пласти порід, схильні до самозаймання, екранують безпечними породами.

Під час створення водойм необхідно планувати заходи щодо запобігання потраплянню у водойми кислих або лужних підземних вод та підтримці сприятливого режиму та складу води відповідно до санітарно-гігієнічних вимог, а також заходи щодо благоустрою та озеленення берегів.

Вимоги рекультивації земель при санітарно-гігієнічному напрямку включають вибір засобів консервації порушених земель залежно від стану, складу та властивостей виробки, природно-кліматичних умов, техніко-економічних показників. Усі заходи щодо технічної та біологічної рекультивації при консервації порушених земель узгоджують із органами санітарно-епідеміологічної служби. Застосовувані в'язучі матеріали для закріплення поверхні порушених земель повинні мати достатню водоміцність і стійкість до температурних коливань і не впливати на навколишнє середовище.

При рекультивації земель з рекреаційним напрямом їх використання необхідне вертикальне планування з мінімальним обсягом земляних робіт та збереженням існуючих чи освічених у результаті виконання робіт форм рельєфу. Проектування, будівництво та експлуатацію зон рекреації проводять з урахуванням вимог, що висуваються до озеленення територій та створення водойм. Після завершення розробок у кар'єрі можливі різні варіанти використання території.

Здебільшого рекультивацію проводять із метою використання території під сільськогосподарські угіддя. Часто після рекультивації спостерігається навіть деяке підвищення врожайності, оскільки при виїмці ґрунту видаляються високопроникні шари піску та гравію, а родючий ґрунт наближається до ґрунтових вод, покращуючи забезпеченість водою сільськогосподарських культур.

Аналізуючи вище сказане будь-якого виду рекультивації необхідні великі витрати, як фінансові, так й трудові. А що ж можна зробити, щоб такі витрати були меншими, а використання порушених земель було економічно привабливим?

В більшості випадків кар'єрні розробки мають чашоподібний вигляд. Причому одна зі сторін – відкрита – і була призначена для вивезення корисних копалин. А інша сторона – піднесено-поглиблена. Моделюючи територію використаного кар'єру з такою конфігурацією, можна уявити його геометрію як увігнута напівлінійна. Розрахувавши певні параметри нахилу стінок кар'єру та кута нахилу освітлюваної траєкторії (або площу затіненого боку), ми пропонуємо цю територію використовувати для будівництва сонячної електростанції.

### *Література*

1. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивация земель : навч. посіб. / П. П. Надточій, Т. М. Мислива, В. В. Морозов [та ін.] ; за заг. ред. П. П. Надточія, Т. М. Мисливої. – Житомир : Державний агроекологічний університет, 2007. – 420 с.
2. Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості/ В.І.Купчик, В.В.Іваніна, Г.І.Нестеров та ін.; Навчальний посібник. За ред. В.І.Купчика. – К.: Кондор, 2016. – 414 с. ISBN 978-966-351-103-0.
3. Review of the Global Experience in Reclamation of Disturbed Lands / Ivan Tymchuk, Myroslav Malovanyy, Oksana Shkvirko, Nataliya Chornomaz, Olena Popovych, Ruslan Grechanik, Dmytro Symak // Ecological Engineering & Environmental Technology 2021, 22(1), 24–30.
4. Lima, A. T., Mitchell, K., O’Connell, D. W., Verhoeven, J., & Van Cappellen, P. (2016). The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. *Environmental Science & Policy*, 66, 227–233.
5. Kazmierczak, U., Ptak, M., Podolski, R. (2017). Reclamation of post mining areas. REMIX lenterreg Europe/European Regional Development Fund, 1-15.
6. Legwaila, I. A., Lange, E., & Cripps, J. (2015). Quarry reclamation in England: A review of techniques. *Jasmr*, 4(2), 55-79.
7. Pietrzyk-Sokulska, E., Uberman, R., & Kulczycka, J. (2015). The impact of mining on the environment in Poland – myths and reality. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 31(1), 45–64. DOI: 10.1515/ gospo-2015-0009.
8. Antwi, E. K., Boakye-Danquah, J., Asabere, S. B., Takeuchi, K., & Wiegler, G. (2014). Land cover transformation in two post-mining landscapes subjected to different ages of reclamation since dumping of spoils. *SpringerPlus*, 3(1), 702.
9. ДСТУ 7705:2015 Захист довкілля. Рекультивация земель. Терміни та визначення понять, ДП «УкрНДНЦ – 2016.

УДК 621.314

*Валентин Лінченко – аспірант*  
*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова Україна, ТОВ*  
*«Миколаївська електропостачальна компанія»,*  
*м. Миколаїв, Україна;*  
*Дмитро Жук – канд. техн. наук, доцент*  
*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,*  
*м. Миколаїв, Україна*

## **ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА: ПРОБЛЕМИ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Сьогодні важливою науково-практичною задачею для державних електропостачальних компаній і підприємств, які безпосередньо відносяться до паливно-енергетичного комплексу України (сектор електроенергетики), є забезпечення енергетичної безпеки нашої держави. Вирішення такого питання пов'язане з утворенням надійної мережі комплексів альтернативної генерації і потребує проведення попереднього аналізу, дослідження, вдосконалення засобів інтеграції (сполучення) вітро-, сонячних, біо-, гідро-електростанції з промисловими мережами в інфраструктурі України тощо. Крім удосконалення технічної частини інтегрованих комплексів за схемою «джерело альтернативної генерації – перетворювальна станція – промислова електрична мережа» актуальними є екологічні аспекти «зеленої енергетики». А саме – вплив на зовнішнє екологічне середовище таких комплексів або їх позитивна частка щодо зменшення негативного впливу на екологію від традиційної генерації електроенергії.

Відновлювальну енергетику називають «зеленою енергетикою», адже її впровадження напряму пов'язано із підвищенням рівня екологічної безпеки. Найпоширенішими видами електростанцій, що використовують відновлювальні джерела енергії, є сонячні, вітрові та гідроелектростанції.

Загальносвітова доля електроенергії, виробленої з відновлювальних джерел, постійно зростає. У деяких країнах частка «зеленої електроенергії» вже перевищує частку електроенергії, що виробляється атомними та вугільними електростанціями. Так, Європейський Союз поставив собі за мету до 2030 р. отримувати 32% енергії з відновлювальних джерел. Станом на 2020 р. частка відновлювальної енергетики в ЄС становить приблизно 20%. У 2011 році Україна приєдналася до Європейського енергетичного співтовариства та взяла на себе зобов'язання виконувати Рішення Ради Міністрів Енергетичного співтовариства «Про впровадження Директиви 2009/28/ЄС та Договору про заснування Енергетичного Співтовариства», згідно з яким встановлюються обов'язкові національні цілі у сфері відновлюваної енергетики, насамперед для того, щоб надати певні гарантії інвесторам та заохотити до розвитку новітніх технологій та інновацій у цій сфері.

На виконання зазначеної Директиви Кабінет Міністрів України розпорядженням від 3 вересня 2014 р. за №791-р затвердив План заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС та розпорядженням від 01.10.2014 № 902-р затвердив Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р.. Відповідно до зазначеного плану та Директиви, Україна взяла на себе зобов'язання до 2020 р. виробляти 11 %

електроенергії із відновлюваних джерел енергії й 25% до 2035 р. та збільшити встановлені електроенергетичні потужності відновлюваної енергетики до 10900 МВт [1].

Реалізація заходів Національного плану передбачала оптимізацію структури паливно-енергетичного балансу та забезпечення споживання енергії, виробленої відновлюваними джерелами обсягом 11% від сукупного кінцевого споживання енергоресурсів Україною до 2020 р., що еквівалентно заміщенню більше ніж 10 млрд. м<sup>3</sup> газу. Динаміка та структура показників, що характеризують виробництво електроенергії в ОЕС України у річному вимірі наведена в таблиці [2].

З наведених даних зрозуміло, що в Україні станом на 2021 р. зменшився виробіток електричної енергії на 17,4 % генеруючими станціями ТЕС та ТЕЦ і разом з цим збільшився виробіток електричної енергії на 686 % генеруючими станціями «альтернативної енергетики». Сказане свідчить про значну позитивну динаміку, щодо відносного зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Це підтверджується даними Міністерства енергетики [3]. За даними Міністерства Україна в 2021 році майже вдвічі перевиконала план щодо зменшення шкідливих викидів в енергетиці. У порівнянні з 2018 р. викиди енергетичних підприємств скоротилися на чверть. Обсяг викидів пилу від ТЕС, ТЕЦ і великих котельних склав у 2021 р. 78 тис. тон при плановому показнику 146 тис. тон. Обсяг викидів сірки у 2021 р. склав 383 тис. тон, плановий показник – 727 тис. тон. Викиди оксиду азоту у 2021 році зменшилися на 21,4 % у порівнянні з 2018 р. і склали 76 тис. тон при планових 164 тис. тон.

Такі результати обумовлені зменшенням виробництва електричної енергії потужностями теплової генерації, які були частково заміщені атомною та відновлюваною енергетикою. Національний план скорочення викидів щільно пов'язаний із заходами екологічної модернізації генеруючих установок та заміною старих виробничих фондів.

Незважаючи на вагомні переваги, відновлювані джерела електроенергії також можуть негативно впливати на довкілля. Експлуатація станцій, які виробляють електроенергію за допомогою відновлюваних енергетичних джерел, пов'язана із вилученням з обігу значних земельних ділянок та з великою ймовірністю буде супроводжуватися негативними наслідками для довкілля: змінами ландшафтів (вітряки, сонячні батареї), підвищенням рівнем шуму (вітряки), забрудненням ґрунтів (геотермальні енергоустановки та установки, які працюють на біомасі).

Енергія вітру є «механічною» енергією. Вітрові електростанції не забруднюють повітря хімікатами, але вони створюють шум. Хоча розміщення великої кількості генераторів поруч сприяє ефективнішій експлуатації, багато людей вважають це неприйнятним.

Сонце є найпотужнішим джерелом енергії. Її отриманню перешкоджає необхідність вилучення значних площ, де треба розмістити сонячні панелі з елементами, що перетворюють сонячну енергію відразу в електричну. Ці панелі не забруднюють довкілля, але створюють екологічні проблеми, коли настає час замислитися про їх утилізацію.



Таблиця – Динаміка та структура виробітку електричної енергії підприємствами альтернативної енергетики в Україні за роками

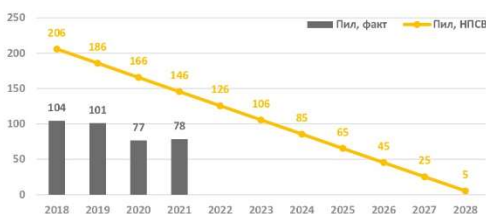
Виробіток електроенергії	2015 р.		2016 р.		2017 р.		2018 р.		2019 р.		2020 р.		2021 р.	
	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%	млн кВт·год	%
<b>Всього</b>	157665,2	100	154817,4	100	155414,2	100	159350,6	100	153964,8	100	148856,2	100	156575,7	100
<b>ТЕС та ТЕЦ, з них:</b>	55461,7	35,2	56611,6	36,6	55841,3	35,9	58807,8	36,9	55787,6	36,2	52360,8	35,2	45834	29,3
ТЕС ГК	49386,3	31,3	49902,3	32,2	44960	28,9	47791,9	30	44914,9	29,2	39562,4	26,6	37224,9	23,8
ТЕЦ	6075,4	3,9	6709,3	4,3	10881,3	7	11015,9	6,9	10869,7	7,1	12798,4	8,6	8609,1	5,5
<b>ГЕС та ГАЕС, з них:</b>	6808,5	4,3	9118,7	5,9	10567,7	6,8	12008,4	7,5	7869,6	5,1	7583,9	5,1	10445,8	6,7
ГЕС	5234,9	3,3	7484,9	4,8	8982,5	5,8	10429,4	6,5	6521,9	4,2	6026,5	4	9155,4	5,8
ГАЕС	1573,6	1	1633,8	1,1	1585,2	1	1579	1	1347,1	0,9	1557,4	1	1290,4	0,8
АЕС	87627,5	55,6	80950	52,3	85576,1	55,1	84398,2	53	83002,6	53,9	76202,6	51,2	86205,4	55,1
<b>Альтернативні джерела</b>	1591,1	1	1560,3	1	1898,1	1,2	2632,7	1,7	5544,3	3,6	10862	7,3	12519,7	8
<b>Блок-станції</b>	6176,4	3,9	6576,7	4,2	1530,9	1	1503,5	0,9	1766,3	1,1	1846,9	1,2	1570,8	1

Енергія біомаси може утворюватися шляхом спалювання рослинної маси. Цей метод не є шкідливим для довкілля, оскільки викиди вуглекислого газу в атмосферу є незначними. Це обумовлене тим, що кількість вуглекислого газу, яку поглинають рослини у процесі фотосинтезу, є такою ж, що й кількість, яка виділяється у процесі спалювання біомаси. Однак, від вугілля виділяється оксид карбону (чадний газ) та сажа.

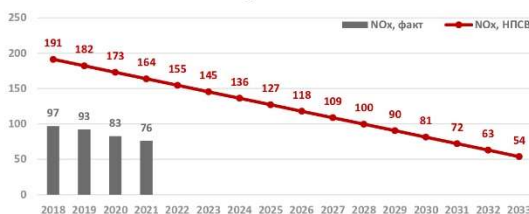
## ПОТОЧНЕ ВИКОНАННЯ ГРАНИЧНИХ ОБСЯГІВ ВИКИДІВ, ВИЗНАЧЕНИХ У ДОДАТКУ 2 ДО НПСВ



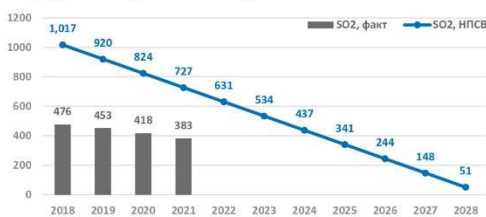
Нормативні та фактичні загальні обсяги викидів забруднюючих речовин – пил, тис т



Нормативні та фактичні загальні обсяги викидів забруднюючих речовин – NO<sub>x</sub>, тис т



Нормативні та фактичні загальні обсяги викидів забруднюючих речовин – SO<sub>2</sub>, тис т



- За рахунок зниження споживання е/е і стрімкого зростання генерації відновлювальних джерел енергії, обсяги генерації ТЕС в Україні, а разом із цим і обсяги викидів забруднюючих речовин, знижуються
- Відповідно до звітів операторів, у 2018 – 2021 рр. фактичні викиди по установках, за якими визначаються граничні обсяги викидів, значно нижчі, ніж встановлено НПСВ

 Україна не порушує взятих на себе зобов'язань зі скорочення загальних обсягів викидів

Рис. 1 – Поточне виконання граничних обсягів викидів в Україні станом на 2021 р. [3]

Крім того, продуктивність турбін не є високою, що робить цей метод достатньо затратним, а використання біомаси часто нерентабельним. Альтернативне рішення – переробити рослинну масу на газ, наприклад, метан. Потім його можна спалювати у газових турбінах, які працюють більш ефективно. Цей спосіб є перспективним там, де є значна кількість відходів від сільськогосподарської діяльності. Метанол та етанол, що утворюються в процесі ферментації біомаси, можуть використовуватись як паливо для автомобілів.

За останні роки уряд та суспільство наголошують на загостренні глобальних екологічних проблем, таких як кислотні опади та зміна клімату, а також оцінках наслідків впливу цих процесів на довкілля. Хоча електроенергію можна виробляти екологічними способами, використовуючи відновлювані джерела (сонце, вітер, термальні води, деревини та відходи сільськогосподарського виробництва), необхідно усвідомлювати, що способу отримання електроенергії, який би повністю не шкодив довкіллю, не існує.

## Література

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2014 року за №791-р «Про затвердження план заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791-2014-%D1%80#Text>.
2. Видання «ЕнергоВсесвіт». <https://vse.energy/spec-projects/infographpek/1615-electricity>
3. Видання «ExPro». <https://expro.com.ua/novini/ukrana-vdvch-perevikonala-plan-schodo-zmenschennya-shkdliivih-vikidiv-v-energetic-za-2021r>

УДК 697.7

*Ярослав Федик – аспірант;  
Володимир Руцак – аспірант;  
Ігор Чепурний – к.геол.н., доцент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНУ Р. ПРУТ В МЕЖАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІС**

Оцінка та моніторинг гідрологічних параметрів водозборів у останні роки набула особливо вагомого значення враховуючи процеси глобальних кліматичних змін і великого числа стихійних явищ, які вони спричиняють. Використання географічних інформаційних систем (ГІС) в управлінні водними ресурсами дає велику перевагу для оперативного моделювання основних гідрологічних показників. Інструменти гідрологічного моделювання реалізовані у багатьох додатках ГІС. На основі сучасних ГІС-технологій працюють системи моніторингу та прогнозування паводків та повеней та супутніх небезпечних геологічних процесів – селів, зсувів, явищ річкової ерозії [1].

Мета даної роботи є моделювання процесів поверхневого стоку для басейну р. Прут в межах території Івано-Франківської області на основі цифрової моделі рельєфу з використанням модулів гідрологічного моделювання в геоінформаційних системах. Гідрологічні параметри стоку, що одержуються за допомогою методів геоінформаційного моделювання на основі цифрової моделі рельєфу є основою для прогнозування повеней та паводків.

При гідрологічному моделюванні велике значення має процес структурного поділу території на гідрологічні одиниці з використанням цифрових моделей рельєфу, а також обчислення параметрів гідрологічних одиниць. У середовищі геоінформаційних систем виконують побудову цифрових моделей рельєфу з розрахунком за нею ухилів, експозицій, відмивок рельєфу, напрямків стоку, акумуляції стоку та дренажу (розрахункової річкової мережі) тощо [2].

Просторова схематизація басейну є вихідним етапом гідрологічного моделювання та передуює оцінці параметрів моделі. Це завдання вирішується, як правило, засобами ГІС-технологій, які є незамінним інструментом просторово-часового моделювання просторових об'єктів та явищ [4], на основі ЦМР, ґрунтових та ландшафтних карт різних масштабів, даних космічної зйомки та продуктів їх обробки.

Будь-яка гідрологічна модель тим чи іншим способом схематизує річковий басейн. Вибір методу схематизації визначає структуру моделі і залежить від підходів, що використовуються для опису процесу формування стоку. Схематизація здійснюється шляхом розбиття водозбору на схили, уздовж яких відбувається стікання води до розрахункових ділянок річкової мережі. Результатом гідрологічного моделювання є структурний поділ території на водозбори різних порядків, а також структура самої річкової мережі. У більшості сучасних моделей стоку вони розраховуються засобами ГІС-технологій на основі ЦМР. Відповідні інструменти, що дозволяють визначити напрям руху води по поверхні схилів,

створити модель річкової мережі та виділити водозбори різних порядків, реалізовані у більшості сучасних ГІС-пакетів. У деяких гідрологічних моделях є власні інструменти для виконання цих операцій.

Гідрологічні модулі ГІС дозволяють моделювати параметри стоку, але основною умовою для проведення розрахунків є побудова шарів водозбірних басейнів та водотоків. Для цих завдань існують відповідні функції в модулях Гідрологія у різних ГІС. Зокрема у GRASS GIS це функція *r.watershed*, подібні функції також присутні у SAGA GIS та ArcGIS. Функція *r.watershed* використовує такий алгоритм. Розраховується накопичення потоку шляхом врахування кількості сукупності комірок в растрі висот через які проходить умовний потік, що опосередковано передає стік води через ландшафт.

Вихідними даними для гідрологічного моделювання процесів поверхневого стоку для території Івано-Франківської області є цифрова модель рельєфу одержана за даними SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) у вигляді файлу растрового формату з цифровою моделлю рельєфу. Для схематизації водозборів застосовано функцію *r.watershed* у GRASS GIS. Результатом виконання даної функції крім власне виділення водозборів також є растрові шари: напрямки стоків, сегменти потоків, півбасейни. Застосувавши функцію *r.watershed* та задавши мінімальну кількість комірок растра для виділення водозбору – 1000, виділимо дрібні басейни фрагменту ріки Прут у межах території Івано-Франківської області. Одержані растрові шари річкових басейнів та водотоків перетворено у векторний формат за допомогою функції *r.to.vec* у GRASS GIS. (рис.1).

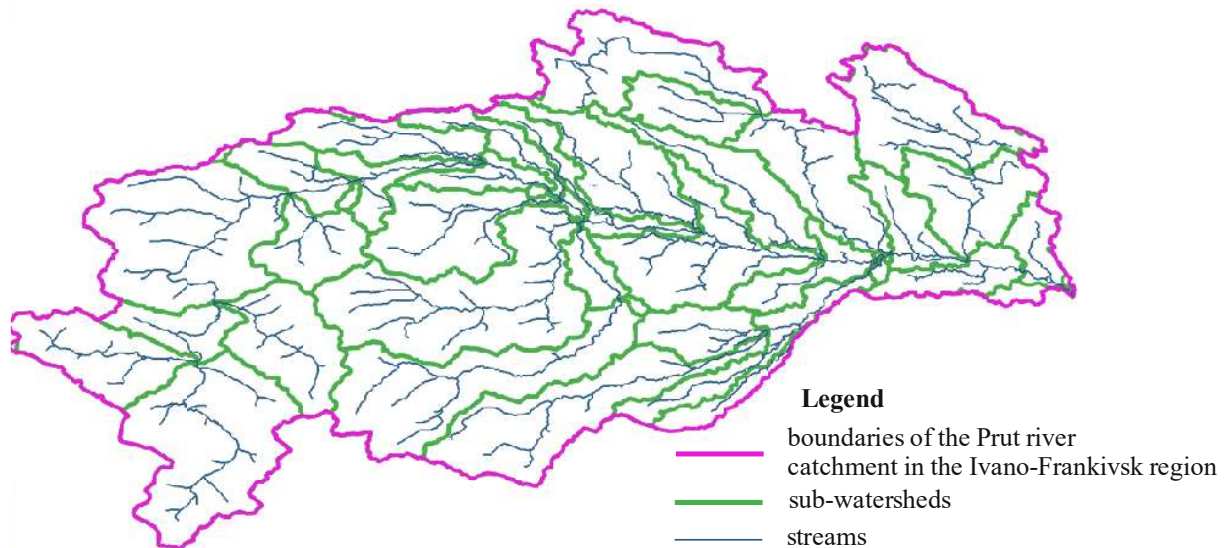


Рис. 1 – Змодельовані вододіли та водотоки для басейну р. Прут в межах Івано-Франківської області

Також оцінено накопичення стоку (flow accumulation). Результуюча карта накопичення стоку містить абсолютне значення кількості поверхневого потоку, який проходить кожну комірку растру ЦМР. Для розрахунку накопичення стоку (flow accumulation) та розрахунку часу добігання потоку використовуємо інструментарій гідрологічного та геоморфологічного моделювання геоінформаційної системи SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses). Також визначено мережу каналів

(водотоків) для басейну р. Прут, використавши функцію Channel network. В результаті виконання цієї функції створюється растровий файл та векторний файл (shape).

Далі застосуємо функцію Unslope area, яка в інтерактивному режимі дозволяє одержати контур басейну для певної точки витoku в створі водотоку. З метою демонстрації її роботи ми обрали ділянку в західній частині басейну р. Прута для якої виокремили контур басейну.

Далі застосуємо функцію Unslope area, яка в інтерактивному режимі дозволяє одержати контур басейну для певної точки витoku в створі водотоку. З метою демонстрації її роботи ми обрали ділянку в західній частині басейну р. Прута для якої виокремили контур басейну (рис. 2).

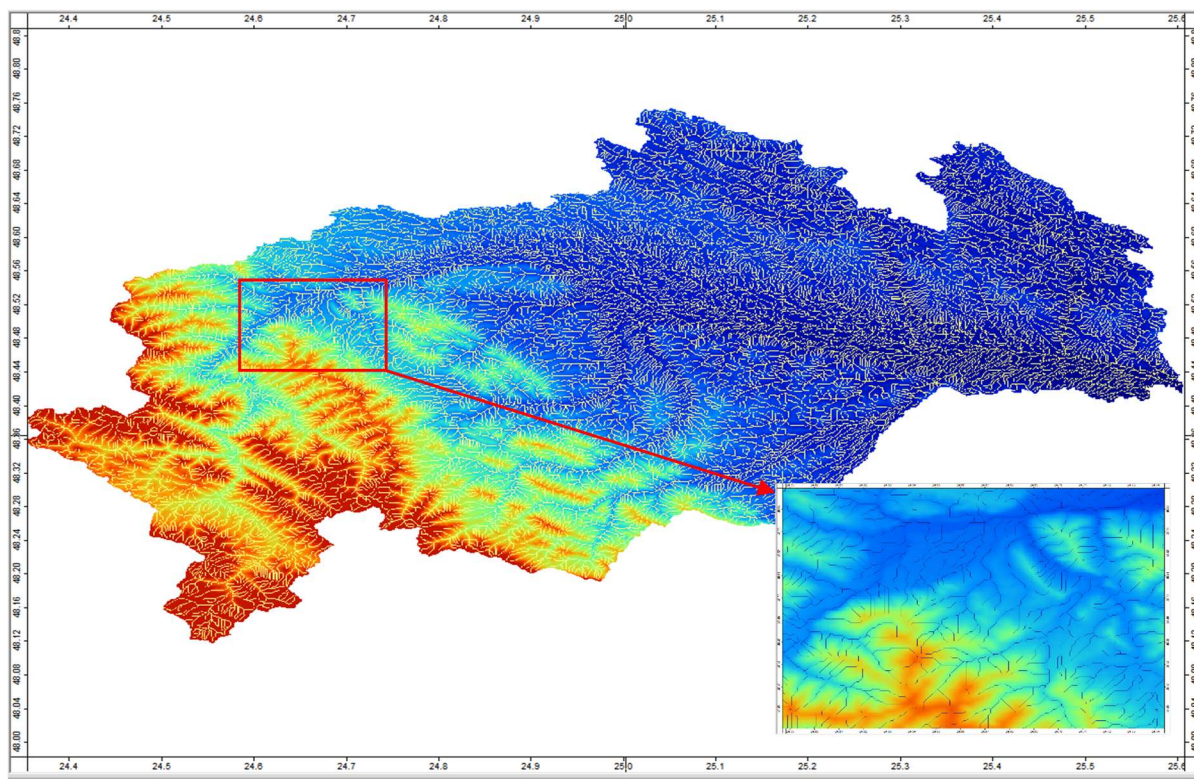


Рис. 2 – Карта мережі водотоків басейну р. Прут в межах Івано-Франківської області

Далі для виділеного басейну розрахуємо час добігання води поверхневого стоку до замикаючого створу. На рис. 3 зображено карту добігання води поверхневого стоку до замикаючого створу розрахованого за методом Isochrones Constant Speed (interactive) для заданого часу накопичення стоку 300 хв (5 год). Побудовані карти дозволяють оцінити час добігання поверхневого потоку, який утворюється під час випадання атмосферних опадів до точки замикаючого створу.

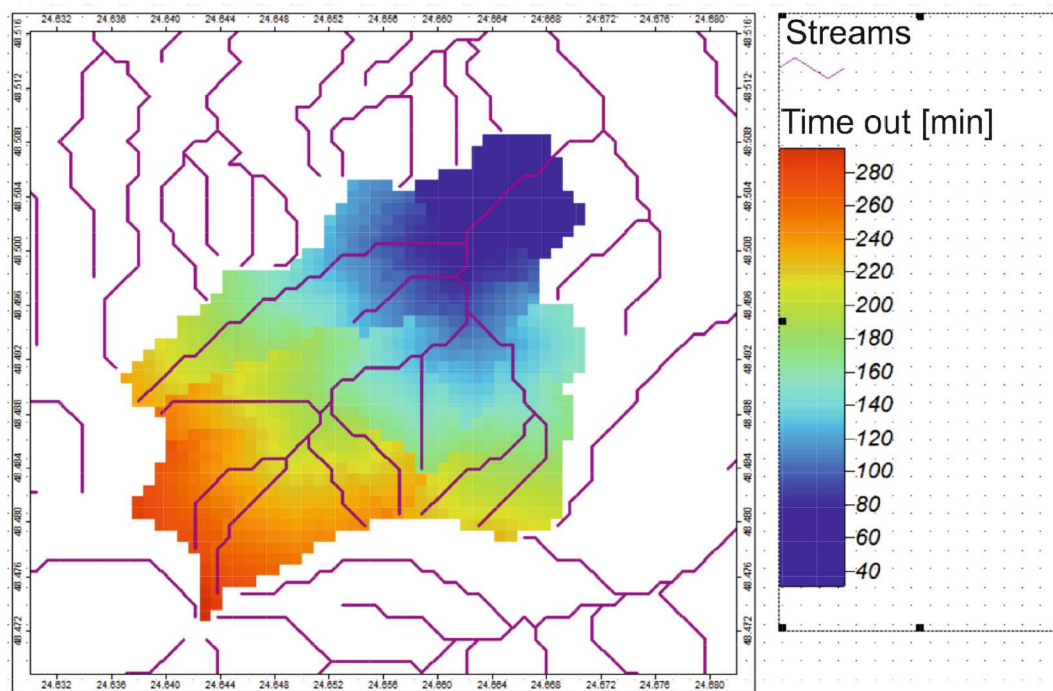


Рис. 3 – Карта зміни часу добігання поверхневого стоку до замикаючого створу Висновки. Виконано гідрологічне моделювання річкової мережі та параметрів стоку для басейну р. Прут в межах Івано-Франківської області за допомогою ГІС SAGA. Визначено геоморфологічні параметри басейну (кути нахилу, експозиції схилів). Побудовано карту накопичення стоку та карти сегментів потоку (водотоків). Слід зазначити що важливим чинником якості проведеного гідрологічного моделювання є роздільна здатність вихідної цифрової моделі рельєфу та відповідно одержаної растрової поверхні накопичення стоку. Проведено моделювання часу добігання води поверхневого стоку до замикаючого створу для окремо басейну в межах басейну р.Прут. Одержана карта дозволяє оцінити час приходу води до точки замикаючого створу. Для заданого часу накопичення потоку 300 хв час добігання варіюється в межах 40-280 хв.

#### *Література*

1. Kasiyanchuk, D., Chepurnyi, I., Chepurna, T., & Hurska, N. (2015). Methodology of quantitative forecasting risk assessments of exogenous geological processes using GIS technology. Paper presented at the 14th EAGE International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, Geoinformatics 2015, doi:10.3997/2214-4609.201412408 Retrieved from www.scopus.com.
2. Shevchuk, V., Burshtynska, K., Korolik, I., & Halochkin, M. (2021). Monitoring of horizontal displacements and changes of the riverine area of the dniester river. Journal of Water and Land Development, 49 doi:10.24425/jwld.2021.137091.
3. Fedoniuk, M., Kovalchuk, I., Zhdaniuk, B., Fedoniuk, V., & Pavlovska, T. (2020). Use of multispectral satellite imagery to monitor erosion on the volyn upland. Paper presented at the XIV International Scientific Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Retrieved from www.scopus.com.

4. Kuzmenko, E. D., Chepurnyj, I. V., Nikitash, O. O., & Shtogryn, L. V. (2012). The methodical principles of the temporal prediction of the landslides activation (on the example of the right bank of kiev reservoir). Paper presented at the Geoinformatics 2012 - 11th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com).

5. Podholov, V. M., & Chepurna, T. B. (2017). Verification of predicted values of mudflow activity in prognostic modeling of mudflow hazard. Paper presented at the 16th International Conference Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, doi:10.3997/2214-4609.201701893 Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com).

6. Davybida, L., Worsa-Kozak, M., Górnjak-Zimroz, J., & Michalak, A. (2021). Spatial and temporal trend analysis of meteorological, hydrological and hydrogeological data (by the example of the san river basin). Paper presented at the International Conference of Young Professionals, GeoTerrace 2021, doi:10.3997/2214-4609.20215K3039 Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com).



УДК 504

*Христина Матіїв – аспірант  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м.Івано-Франківськ, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У КАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ ЗОКРЕМА У ЯРЕМЧАНСЬКІЙ МІСЬКІЙ РАДІ**

Альтернативна енергетика поступово розвивається і стає однією з основних галузей в світовій економіці. Відновлювальні джерела енергії не лише дозволяють зменшити залежність від традиційних джерел енергії, але також надають значні конкурентні переваги для країн, які їх ефективно використовують. А розвиток сучасних технологій та їх подальше впровадження на виробництві робить енергію, вироблену з «зелених» джерел дешевшою ніж аналогічну отриману за допомогою теплових електростанцій.

Використання відновлювальних енергоресурсів має чимало переваг, серед яких основними вважають практичну невичерпність та екологічну чистоту, що позитивно впливає на екологічний стан на планеті та не спричиняє зміну енергетичного балансу в біосфері. У випадку використання відновлювальних джерел електроенергії також зменшуються негативний вплив від процесів видобування, переробки, транспортування традиційних видів палива та відпадає потреба в утилізації великої кількості шкідливих відходів, що виникають при традиційному енерговиробництві [1].

Енергію з відновлюваних джерел, можна використовувати для виробництва електроенергії, опалення та забезпечення гарячого водопостачання, а також як паливно-енергетичні ресурси, тобто у всіх сферах, де застосовують продукцію традиційної енергетики.

Одним з найбільш перспективним регіоном для використання альтернативних джерел енергії є Українські Карпати зокрема і Яремчанська міська рада. Застосування альтернативних джерел енергії допоможе приватним садибам та готелям безперебійно працювати і при цьому економити.

Сонячні станції все ще залишаються лідерами серед альтернативних джерел енергії для приватних будинків, садиб або готелей. Все тому, що технології надзвичайно швидко розвиваються та даний вид енергії стає доступнішим. До того ж 2021 рік став проривом у автономній сонячній енергетиці. Найпоширенішою перепорою на шляху до енергонезалежності за допомогою сонця - проблема з акумулюванням виробленої електроенергії. З негативних принципів використання даного виду електроенергії є гелеві, мультигелеві чи карбонові акумулятори служать від 1 до 3 років, тоді доводиться їх змінювати. Це не малі кошти, тому простіше та економніше використовувати загальну електромережу. Та компанія Pylon Technologies довела, що акумуляторні батареї можуть жити довго. Офіційна гарантія від виробника 10+ років. А отже, залишається звернутися до кваліфікованих спеціалістів, підібрати якісне обладнання та не турбуватись про перебої електромережі чи захмарні рахунки.

Варто відмітити, що це чудова альтернатива не лише для малих будинків чи садиб, але і цілком великих готелей.

С. О. Кудря визначає відновлювані або невичерпні енергоресурси як постійно або періодично діючі потоки енергії в навколишньому середовищі. Також науковець визначає дві основні групи енергетичних потоків з відновлювальних джерел електроенергії:

- енергія прямого сонячного випромінювання;
- вторинні прояви енергії сонячного випромінювання, що відображаються, як енергія вітру, тепла та гідроенергія [2].

Енергію з відновлюваних джерел, можна використовувати для виробництва електроенергії, опалення та забезпечення гарячого водопостачання, а також як паливно-енергетичні ресурси, тобто у всіх сферах, де застосовують продукцію традиційної енергетики. Сонячні установки служать для опалення та вентиляції будинків, виробництва електроенергії.

Енергія вітру останнім часом все більше використовується для одержання електроенергії.

Гідроенергетика спрямована на одержання електроенергії, а також є комплексною водогосподарчою системою, що вирішує завдання водопостачання населення. Продукти біоенергетики застосовують у якості палива у всіх агрегатних станах для вироблення теплової та електричної енергії для енергозабезпечення промислових і побутових потреб. Геотермальну енергію можна використовувати для виробництва електроенергії, гарячого водопостачання і опалення приміщень. Гідроенергетика відіграє важливу роль у стійкості Об'єднаної електричної системи України, оскільки забезпечує енергетичну систему високоманевровими потужностями в регулюванні добових графіків навантаження з покриттям пікової частини та заповненням нічних провалів, а також виконує функцію аварійного резерву потужності. До 2025 року необхідно завершити реконструкцію існуючих потужностей ГЕС та будівництво нових агрегатів ГЕС та ГАЕС, що дозволить зберегти у структурі генерації найбільш економічні та маневрові з них, а також збільшити їх потужність.

Одними із найкращих методів стимулювання розвитку «чистої» енергетики є використання «зелених тарифів» та стимулювання за допомогою грантів. Україна має досить прогресивне законодавство в сфері зелених тарифів. Водночас, необхідно врегулювати механізм відшкодування „зеленого тарифу”, погасити наявну заборгованість перед виробниками електроенергії з ВДЕ та відпрацювати процедуру відшкодування „зеленого тарифу”, що дозволить уникнути виникнення заборгованості. Впровадження часткової компенсації вартості електростанцій з альтернативних джерел енергії може значно прискорити розвиток даної галузі.

При впровадженні альтернативної енергетики варто враховувати, що вона також при неправильному використанні може завдавати шкоди навколишньому середовищу. Негативний вплив альтернативної енергетики можна зменшити за допомогою використання стандартизованих норм, в яких визначено обмеження щодо використання тих чи інших видів альтернативної енергії за певних умов [3].

Перевагами відновлюваної енергії є загальнодоступність, поновлюваність, екологічність. На сьогоднішній день існує ряд перешкод, які сповільнюють розвиток даної галузі, зокрема: висока вартість установок та витрати на їх обслуговування, залучення великих площ під тепло та електростанції, залежність від географічних та погодних умов тощо. Не зважаючи на це для подальшого збільшення обсягів

виробництва та споживання альтернативної енергії в багатьох країнах світу розробляються програми розвитку альтернативної енергетики, спрямовані на забезпечення даним видом енергії не лише промислових підприємств, а і домогосподарств. Таким чином застосування альтернативних джерел енергії у Карпатському регіоні зокрема для задоволення потреб приватних садиб чи готелей є перспективною ідеєю для подальших досліджень регіону.

#### *Література*

1. Гайдаєнко І. Альтернативна енергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. Наукові записки з української історії. *Збірник наукових статей*, (34). 146-151.
2. Кудря С.О. (2012). Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Київ: НТУУ «КПІ».
3. Касич А.О. Альтернативна енергетика: світовий та вітчизняний досвід / Касич А.О., Литвиненко Я.О., Мельничук П.С. // Наукові записки. Серія „Економіка”: збір. наук. праць. – Острого: Видавництво національного університету „Острозька академія”, 2013. – Вип. 23. – С. 43–47.

УДК 556

*Ігор Климчук – аспірант  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м.Івано-Франківськ, Україна*

## ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РІЧОК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Питання відновлювальної енергії є актуальне, як ніколи. В зв'язку з регулярними обстрілами енергетичної інфраструктури України спостерігаються перебої з електропостачанням та електрогенерацією по всій Україні. Частковим рішенням глобальної проблематики може бути використання добре освоєної з усіх нетрадиційних відновлювальних джерел електроенергії малої гідроенергетики.

Мала гідроенергетика дозволяє використовувати значний гідроенергетичний потенціал малих річок і притоків, систем водопостачання, іригації з видаванням електроенергії в енергосистему. Це актуально особливо в гірській місцевості Карпатського регіону де ріки та притоки характеризується високим середньорічним стоком, високою швидкістю течії та значним перепадом висот [1, 2].

В даний час, незважаючи на те, що економічні характеристики малих ГЕС поступаються великим гідроелектростанціям, інтерес до них має бути, оскільки спорудження малої ГЕС не передбачає великих капіталовкладень і може бути реалізовано за рахунок малих підприємство, приватного сектору, фермерських господарств та локалізованої групи мешканців регіону. Мала ГЕС, має менший вплив на екологію місцевості оскільки не потрібно створювати великих водосховищ і великих площ затоплення [3, 4].

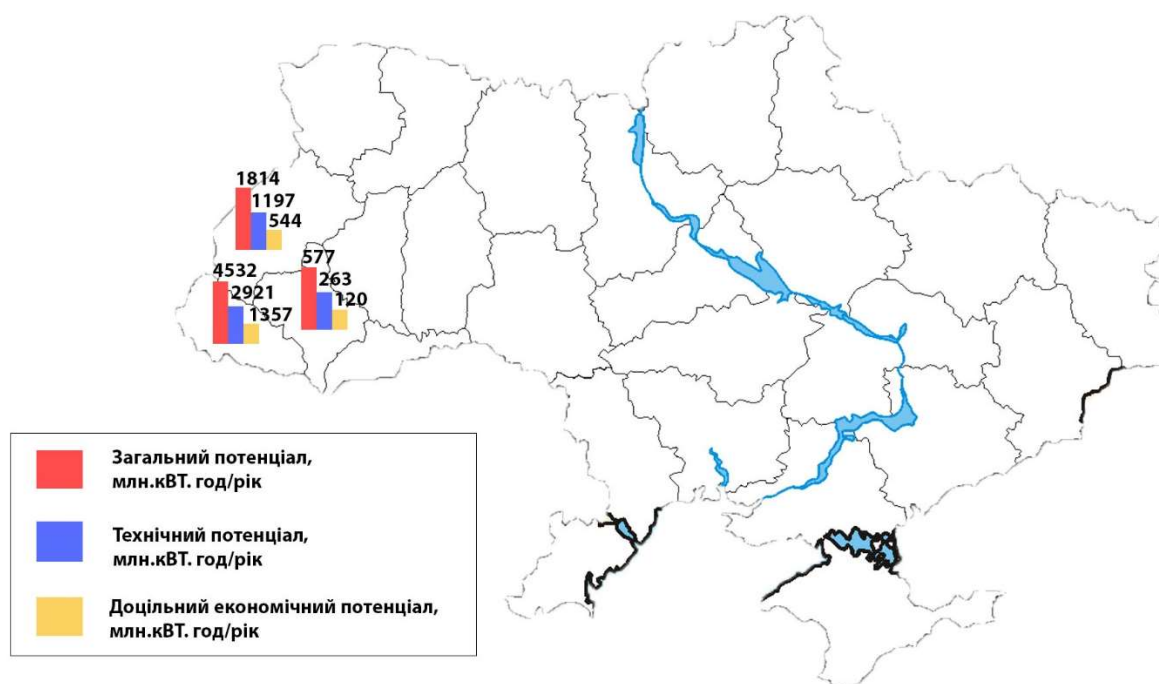


Рис. 1– Гідроенергетичний потенціал малих річок Карпатського регіону

Україна має великий потенціал до використання ресурсів малих річок особливо в західних регіонах, зокрема в Карпатському, що складає майже 28% загального гідропотенціалу всіх річок України.

У структурі водноресурсного потенціалу важливе місце посідає гідроенергетичний потенціал (ГП) – здатність частини річкового стоку, що використовується або тієї, що може бути використана, до виробництва електроенергії за певний період. Постає необхідність визначення величини ГП регіону та його основних складових. Для розрахунку теоретичного валового гідроенергетичного потенціалу пропоную використовувати методи Григор'єва та метод лінійного обліку - для всіх досліджуваних річок [5,6]. З метою оцінки потенційної потужності річок регіону, в тому числі й тих по яких відсутні дані спостереження за стоком, використовуємо метод Григор'єва, за яким теоретична потужність водотоку визначається на основі загального перепаду висоти витoku і гирла річки та використання середньорічної витрати у гирлі [7-9].

При використанні гідропотенціалу гірських малих річок України, можна досягти економії паливно-енергетичних ресурсів, розвиток гідроенергетики сприятиме децентралізації загальної енергетичної системи України, чим вирішить проблеми з безперебійним енергозабезпеченням та захистить від великих районних відключень.

Мікро та малі ГЕС можуть стати потужним джерелом енергозабезпечення для всіх регіонів Західної України, зокрема районів Закарпатської, Чернівецької, Львівської та Івано-Франківської області – джерелом повного енергозабезпечення.

Українські підприємства мають необхідний виробничий потенціал, оснащення та кваліфікованих кадрів для повного забезпечення малих ГЕС вітчизняним обладнанням. Також, для вирішення проблем електропостачання і розвитку малої гідроенергетики Україна має достатній науково-технічний потенціал і досвід в галузі розробки та проектування систем гідротурбінного обладнання.

#### *Література*

1. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. – Алматы, 2016. – с. 36
2. Гідроенергетика [Електронний ресурс]: Мала гідроенергетика світу. – Режим доступу: <https://msd.in.ua/mala-gidroenergetika-svitu/>
3. Держенергоефективності України [Електронний ресурс]: Гідроенергетика. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy/>
4. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика — 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 256 с.
5. Гидроэлектростанции малой мощности: Учеб. пособие / Под. ред. В.В. Елистратова. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2005. 432 с.
6. Картанбаев Ю.А. Руководство по строительству и эксплуатации микро гидроэлектростанций (микро ГЭС) / Б.А. Картанбаев, К.А. Жумадилов, А.А. Зазульский. – Б.: «ДЭМИ», 2011. - 57 с.
7. Золотарев Т.Л. Гидроэнергетика / Т.Л.Золотарев. – Ч.I Основы использования гидравлической энергии: учебное пособие для высших технических учебных заведений. – М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1950. – 196 с.

8. Малі річки України довідник. / За ред. А.В.Яцика. – К.: Урожай, 1991. – 296 с.
9. Гинко С.С. Основи гидротехники / С.С.Гинко. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 368 с.

## **ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

---

UDC 504.5

*Claudiu Lung – PhD, Lecturer  
Technical University of Cluj Napoca,  
Baia Mare, Romania*

### **STUDY OF RF RADIATION LEVEL ON IGNIȘ PEAK**

*Abstract.* Radio frequency (RF) provides an attractive solution to be used for power the wireless sensor networks. Harvesting RF energy from different environments allows the low-power wireless devices to be self-sustaining and environment-friendly. The RF energy harvesting wireless communication technique it is suitable for a wide range of IoT applications. The main goal of this article is to study the latest research on this field and to present some measurements results on Igniș mountain peak. The distribution of RF energy in the real environment, near radio broadcast and GSM networks are discussed.

*Introduction.* Harvesting Radio frequency (RF) energy method is a technique to provide power and drive low-power wireless systems [1].

The RF energy is a good energy resource that can be found indoors and outdoors. The RF energy harvesting technique provide several features into communication systems and sensing networks. For example, offer low-power wireless sensors the self-sustainability, those devices can work without a chemical battery, in order to achieve green communications. Moreover, those devices have light-weight structures which allows them to operate in applications where space and costs are critical [2,3].

The environment-friendly, small-size, and sustainable features make the RF harvesting technique suitable applications like: Internet of Things (IoT), smart infrastructures, smart sensors networks or body area networks (BANs)[4]. Those applications use a numerous wireless sensors and low-power nodes that have strong demands regarding the sustainability and efficiency [5]. For example, the wireless nodes deployed for environment monitoring should be green and durable. Fig. 1 present the topology for the smart sensors network.

*Results.* In May 2004, the weather radar system was put into operation on the Igniș peak. After its modernization, based on the information generated by it, it will be possible to issue weather warning messages in quasi-real time in order to develop ultra-fast programs, to reduce losses in the event of flash floods, within a radius of 150 km. The system covers and determines the potential of the clouds and the reception basin related to the right bank of the Tisa River, from the Transcarpathia - Ukraine area, used in the development of hydrological forecasts on the Tisa bank.

For an extended environmental monitoring system in this area, it can be implemented a smart sensors network that can be powered also with alternative energy, provided by radiocommunications network installed on Igniș peak. To determine the energy level produced by RF radiations some measurements it was performed, by using Chauvin Arnoux C.A 43 field meter, which allows to measure levels of interference and electromagnetic disturbance. The wide passband of this unit enables the measurement of electrical fields from 0.1 V/m to 200 V/m for frequencies between 100 kHz and 2.5 GHz.

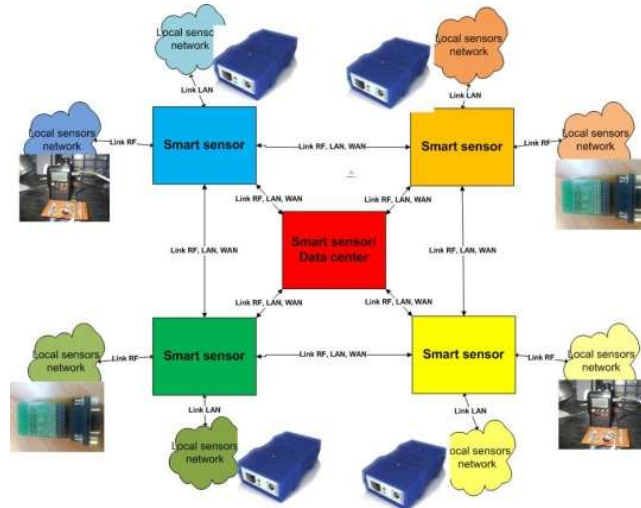


Fig. 1 – Smart sensors network topology

It was also used the HF59B Digital High Frequency Analyzer, which allows the assessment of exposure to high frequencies between 800 MHz and 2.5 (3.3) GHz. If an antenna is used, measurements can also be made at lower frequencies, up to 27 MHz. Due to the range of frequencies, it covers, determinations of the radiation level for: cell phones, cordless phones, microwave ovens, devices using UMTS/3G technologies, Bluetooth, or Wi-Fi. The measurements was made near the radio broadcast tower.



Fig. 2 – IGNIȘ Peak



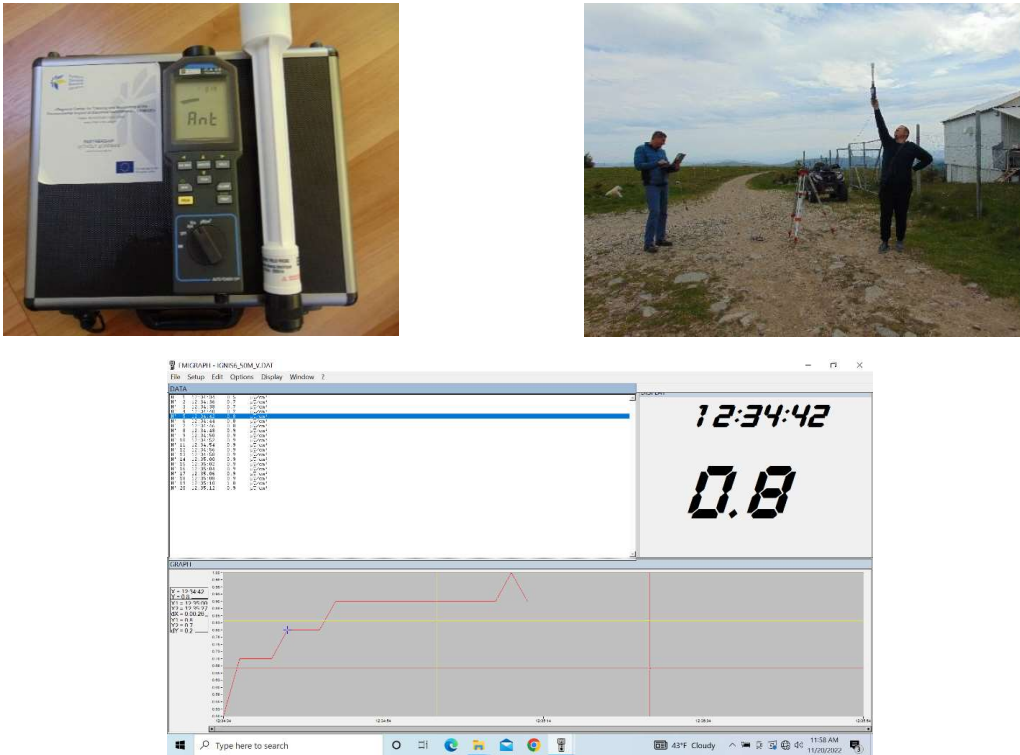


Fig. 3 – Measurements made with Chauvin Arnoux C.A 43 field meter

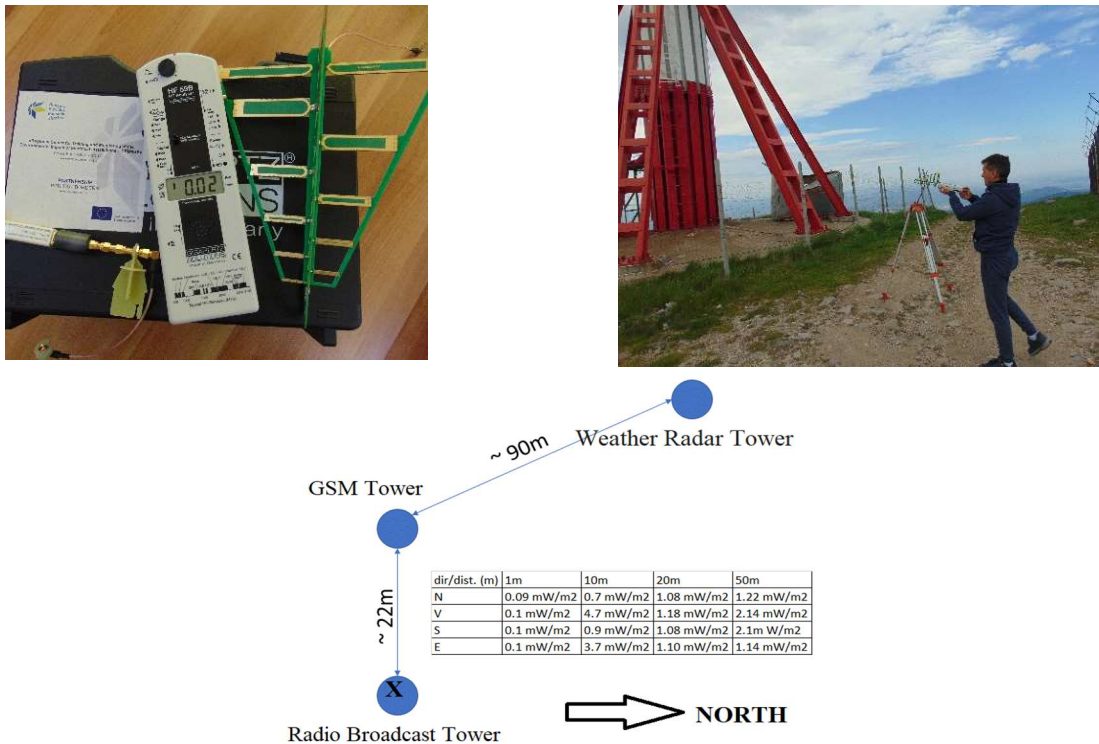


Fig. 4 – Measurements made with HF59B Digital High Frequency Analyzer

RF EMF Strength Meter - Model 480836, is used to indicate radiated electromagnetic fields. This meter is a broadband device for monitoring high-frequency radiation in the specific ranges of 900MHz, 1800MHz, and 2.7GHz. Other measurements can be made, for reference purposes only, using the entire range of 50MHz to 3.5GHz. The non-directional electric field and high sensitivity also allow measurements of electric field strength in TEM cells and absorber rooms. The measuring device can be used for: measuring the field strength of the high-frequency (RF) electromagnetic wave, measuring the radiation power density of base station antennas for mobile telephony, wireless communication applications (CW, TDMA, GSM, DECT), RF power measurement for transmitters, wireless LAN (Wi-Fi) detection. The measurements were made near the GSM tower.



Distance	Value	Unit
1 m	120	mW/m <sup>2</sup>
10 m	214	mW/m <sup>2</sup>
20 m	242	mW/m <sup>2</sup>
50 m	674	mW/m <sup>2</sup>

Fig. 5 – Measurements made with RF EMF Strength Meter - Model 480836

*Conclusions.* The measurements were made during a breakdown of the power line that feeds the electrical equipment. Only the radio station's equipment was functional, so the measured fields were largely generated by it alone. Making new measurements in the area, when all the equipment is functional, can help to determine more precisely the intensity of the fields in the respective area.

#### References

1. Soyata, T.; Copeland, L.; Heinzelman, W. RF energy harvesting for embedded systems: A survey of tradeoffs and methodology. *IEEE Circuits Syst. Mag.* 2016, 16, 22–57. [Google Scholar] [CrossRef]
2. Bitto, J.; Hester, J.G.; Tentzeris, M.M. Ambient RF energy harvesting from a two-way talk radio for flexible wearable wireless sensor devices utilizing inkjet printing technologies. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 2015, 63, 4533–4543. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Nintanavongsa, P.; Muncuk, U.; Lewis, D.R.; Chowdhury, K.R. Design optimization and implementation for RF energy harvesting circuits. *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Circuits Syst.* 2012, 2, 24–33. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Kamalinejad, P.; Mahapatra, C.; Sheng, Z.; Mirabbasi, S.; Leung, V.C.; Guan, Y.L. Wireless energy harvesting for the Internet of Things. *IEEE Commun. Mag.* 2015, 53, 102–108. [Google Scholar] [CrossRef][Green Version]
5. Gupta, P.K.; Maharaj, B.; Malekian, R. A novel and secure IoT based cloud centric architecture to perform predictive analysis of users activities in sustainable health centres. *Multimed. Tools Appl.* 2017, 76, 18489–18512. [Google Scholar] [CrossRef]

УДК 502.175:537.531

*Володимир Чупа – аспірант;  
Богдан Герасименко – магістр;  
Ярослав Адаменко – д.т.н., професор  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ СЕЛЬБИЩНИХ ЗОН**

Електромагнітне забруднення територій населених пунктів і промислових підприємств з розвиненими мережами електротранспорту та засобів бездротового зв'язку, високою щільністю житлової та промислової забудови стає дедалі вагомим фактором негативного впливу на людей та екосистему в цілому. При цьому персонал підприємств з великою кількістю електричного та електронного обладнання зазнає додаткового впливу цього фізичного фактору.

Це обумовлене низкою причин об'єктивного та суб'єктивного характеру. До об'єктивних слід віднести зростання навантаження на повітряні і підземні лінії передачі електроенергії, відкриті та закриті розподільчі пристрої високої напруги внаслідок збільшення енергонасиченості будівель і споруд. Це відбувається в результаті розширення мереж електротранспорту, збільшення кількості електричного та електронного обладнання промислових підприємств і адміністративних будівель. Крім того, спостерігається значне підвищення електронавантаження у житловому секторі (потужні пральні машини, мікрохвильові печі, велика кількість персональних комп'ютерів тощо).

Щодо суб'єктивних причин електромагнітного забруднення довкілля, то до них слід віднести введення в експлуатацію ліній електропередачі, трансформаторних підстанцій без урахування реальної електромагнітної обстановки у даному місці, районі, території.

Попередні дослідження довели, що зниження електромагнітного навантаження на довкілля можливе тільки на комплексній основі зі створенням відповідних баз даних [1] та урахуванням економічних чинників [2].

Вплив технологічного обладнання у виробничих умовах є найбільш непередбачуваним і потребує визначення і аналізу у кожному окремому випадку. Це пояснюється тим, що амплітудні значення та частотні діапазони полів більшості стандартних джерел відомі або можуть бути розраховані, виходячи з відстаней до них, робочих електрострумів, потужності випромінювачів тощо. В той же час спектри та чисельні значення електромагнітних полів (ЕМП) промислового обладнання не завжди відомі і залежать від конструктивних особливостей і робочих навантажень технологічного обладнання [4, 3].

Реаліями сьогодення є зростання кількості та ущільнення систем передачі і перетворення електроенергії у населених пунктах, що потребує розроблення системи заходів зниження їх впливу як на людей, так і на засоби обчислювальної техніки, діагностичну апаратуру медичних закладів тощо. Найбільш дієвими засобами зниження електромагнітних впливів на працюючих є перехід на підземні лінії електропередачі (особливо на підприємствах з великими енерговитратами). Реалізація такого рішення показало, що кабельна лінія електропередачі напругою

330 кВ генерує електромагнітні поля на порядок нижчих рівнів, ніж аналогічні повітряні лінії [5, 6].

Дослідження електромагнітного поля проводились в рамках завдань міжнародного проєкту HUSKROUA/1702/6.1/0022 «Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище» за допомогою 3D низькочастотного аналізатора з реєстратором даних NFA-400 [6]. Частотний діапазон приладу – від 5 Гц до 400 кГц (компенсований, з відхиленням менше ніж 2 дБ). Діапазон вимірювання – густина магнітного потоку 1-19 999 нТ. Напруженість електричного поля 0,1-1999 В/м.

Початковим етапом дослідження електромагнітного поля промислової частоти на території Ямницької ОТГ було визначення об'єктів, що випромінюють електромагнітне поле, такими можуть бути: як лінії електропередачі, кабельні лінії та енергетичні підстанції підприємств, що розташовані в межах території досліджень.

Для проведення маршрутного вимірювання рівнів електромагнітного випромінювання, прилад NFA-400 нами був синхронізований з смартфоном та завантажено програмне

На території досліджень були визначено такі основні об'єкти електромагнітного випромінювання:

- повітряні лінії електропередачі з напругою 0,4 кВ та охоронною зоною по обидві сторони лінії від крайніх проводів 2 м;
- кабельні лінії з напругою 10 кВ та охоронною зоною 2 м.
- кабельні лінії з напругою 100 кВ та охоронною зоною 2 м.

Після пішої маршрутної зйомки електромагнітного поля завершуємо запис треку в програмному забезпеченні «GPS-трекер», зберігаємо трек (у форматі \*.gpx).

Після цього переходимо до аналізу отриманих даних, використовуючи програмне забезпечення NFAsoft-win-rev-172\_int.

Для комп'ютерної обробки вимірних показників NFA-400 підключаємо до комп'ютера за допомогою кабелю USB. Відкриваємо програмне забезпечення NFAsoft-win-rev-172\_int натискаємо на ярлик із зображенням графіку. Шукаємо файл під назвою «LOG00000», де числа – це номер заміру і відкриваємо. У вікні можна побачити рівні електромагнітного випромінювання, що поділені за частотами і складовими (електрична – All CH4 і магнітна – решта). Натиснувши на частоту, або на складову, бачимо максимальне, мінімальне і середнє значення на цілій протяжності маршруту .

Для побудови маршрутної карти натискаємо на вкладку Extras → create KML... у відкритому вікні обираємо скачаний з електронної пошти трек, відкриваємо. У відкритому вікні можна побачити маршрут вимірювань (якщо все зроблено правильно маршрут буде зеленого кольору, якщо ні – червоного), у стрічці Valuechoice обираємо середні значення (Average), зберігаємо. Відкриваємо програму GoogleEarthPro<sup>®</sup>. Натискаємо Файл→Відкрити, обираємо (вище зроблений) файл у форматі KML, відкриваємо. Отримуємо карту розподілу рівнів електромагнітного випромінювання вздовж маршруту вимірювання.

У вікні «Тимчасові місця», можна побачити шари, що поділені по частотах і складових. Шари даних можна вмикати і вимикати, для відображення їх на карті.

На рис. 1 представлено результати вимірювань рівнів напруженості електромагнітного поля у населеному пункті Клузів, згідно яких максимальне значення напруженості магнітної складової частотою 50/60 Гц – 1167, 30 нТл, середнє – 71,70 нТл. Максимальне значення напруженості електричної складової становить 3287,90 В/м, середнє – 73,04 В/м. Мінімальні значення обох складових ЕМП становить 0,00 нТл та 0,00 В/м.

Наступний графік рівнів електромагнітного випромінювання для території с. Ямниця зображений на рис. 2. На цьому маршруті максимальне значення напруженості магнітної складової частотою 50/60 Гц – 1443, 20 нТл, середнє – 94,97 нТл. Максимальне значення напруженості електричної складової становить 2050,70 В/м, середнє – 38,58 В/м. Мінімальні значення обох складових ЕМП становить 0,00 нТл та 0 В/м.

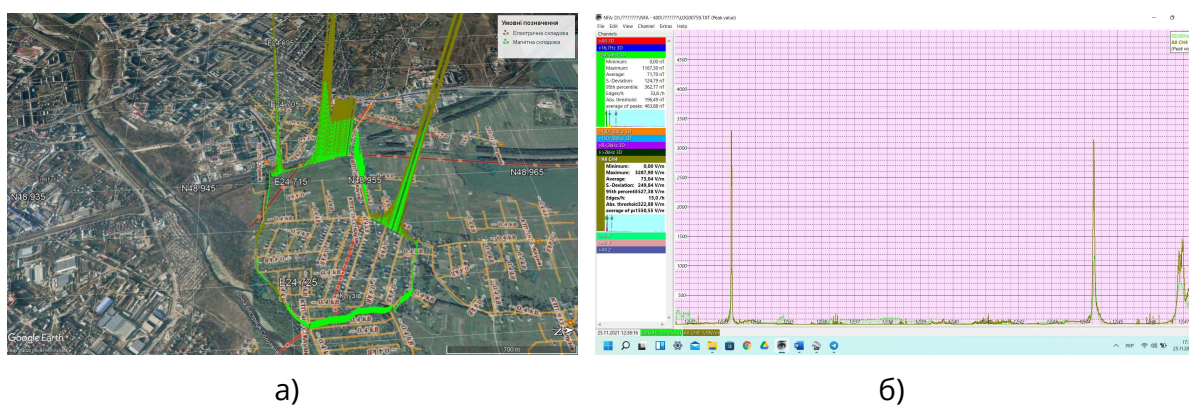


Рис. 1 – Розподіл електромагнітного випромінювання на території с.Клузів (а – територіальний розподіл; б – графічний розподіл)

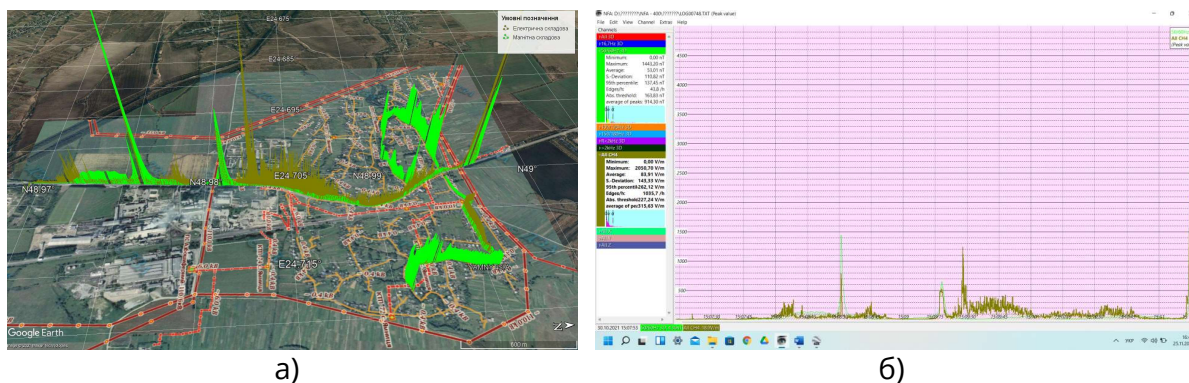


Рис. 2 – Розподіл електромагнітного випромінювання на території с. Ямниця (а – територіальний розподіл; б – графічний розподіл)

Усі виміряні показники рівнів напруженості ЕМП порівняно з ГДР, які встановлені ДСанПіН №239 [7] і встановлено, що перевищень на досліджуваній території в межах житлової забудови немає.

### Література

1. Дослідження електромагнітного забруднення, ускладненого впливом базових станцій стільникового зв'язку, на урбанізованій території міста Івано-

Франківська / Т. В. Кундельська, М. Т. Микицей // Екологічна безпека та природокористування. – 2017. – № 1-2. – С. 20-27. –

2. Дудар О.П. Переваги електромагнітних методів впливу на рослинні об'єкти/ О.П. Дудар// ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж», 2019. – 263 с.

3. Глива В. А. Методологія дослідження низькочастотних електромагнітних полів в умовах сталого розвитку технологій / В. А. Глива, К. Д. Ніколаєв, В. П. Колумбет, Л. О. Левченко // Системи управління, навігації та зв'язку. -2017.- Вип. 6. – С. 219-223.

4. Сердюк А. М. Гігієнічне обґрунтування вимог до розміщення та експлуатації кабельних ліній електропередачі та їх обладнання в умовах сучасної міської забудови / А. М. Сердюк, В. Ю. Думанський, С. В. Біткін, Н. В. Дідик, Ю. Д. Думанський, Н. Г. Нікітіна, М. І. Мізюк, А. П. Безверха, С. В. Зотов, Л. А. Томашевська // Гігієна населених місць. – 2015. – Вип. 66. – С. 20-29.

5. Білобородов О., Горішна О., Довгополий А. Проблемні питання визначення безпечного рівня електромагнітного опромінення людини». Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, вип. 7(255), 2019. – 103 с.

6. 3D низькочастотний аналізатор з реєстратором даних NFA-400.URL: <https://simvolt.ua/3d-nizkochastotniy-analizator-z-restratorom-danih-nfa-400.html/>

7. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань: ДСН 239-96.-К.: МОЗ України, 1996. – 28 с.

УДК 620.9:504

*Владислав Яненко – аспірант;  
Алла Кленко – д.б.н., старший науковий співробітник  
Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
м. Київ, Україна*

## **СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ**

Зростання масштабів використання електричної енергії, загострення проблем охорони навколишнього середовища значно активізували пошуки екологічно чистіших способів вироблення електричної енергії.

В Україні існує низка можливих альтернативних джерел енергії, головними з яких є сонячна енергія, енергія біомаси, вітрова енергія, гідроенергетика. В останні роки, за рахунок прийнятих рішень на законодавчому рівні в Україні активно розвиваються проекти відновлюваної енергетики (ВДЕ). На початок 2022 року встановлена потужність ВДЕ сукупно склала 9,5 ГВт, а обсяг інвестицій у галузь сягнув \$12 млрд. Однак після російського вторгнення у 2022 році майже 85% всіх вітроелектростанцій (ВЕС) знаходяться на окупованих територіях України або у зоні бойових дій, не беручи до уваги інші ВДЕ. Ці події зупиняють інвестування в дану галузь, що може спричинити скорочення генерації зеленої енергії.

Розвиток відновлюваної енергетики є важливим кроком спроможним покращити торговий баланс, створити нові робочі місця, вирішити соціальні питання, скоротити залежність від імпорту природного газу, забезпечити енергонезалежність країни та підвищити конкурентоспроможність продукції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Варто відмітити, що залежність від видобутку корисних копалин та застаріла інфраструктура стали запорукою використання ВДЕ, адже твердопаливні котельні, дизельні двигуни та вугільні електростанції викидають у повітря доволі значну кількість забруднюючих речовин, які можуть спричинити захворювання.

Вирішення проблем:

- якщо аналізувати вітроенергетику, то можна відзначити, що вітрові електростанції займають мало місця і легко вписуються в будь-який ландшафт, а також відмінно поєднуються з іншими видами господарського використання території;

- сонячні електростанції здебільшого встановлюють на ділянках зі складним рельєфом, ґрунтами, непридатними до сільського господарства з причин ерозії, заболоченості, засоленості, каменістості та інших особливостей ґрунту або місцевості, що також позитивно з точки зору збереження родючих українських земель.

Для зміцнення енергетичної безпеки країни, Україні важливо зробити вибір між продовженням фінансування імпортованих енергоносіїв чи розвитком використання власних відновлюваних джерел енергії, що дасть змогу знизити собівартість «зеленої» електроенергії порівняно з тепловими і навіть атомними станціями.

Отже, в часи економічної та енергетичної криз, стає зрозуміло, що розвиток відновлюваних джерел – це єдиний шлях до енергетичної безпеки держави та боротьби зі зміною клімату.

Відомо, що джерелом вібрації несучої частини вітроагрегата є її рухома, обертаюча частина, а саме ротор і лопаті [1]. Емпірична формула Баркана підтверджує, що конструкція вітрової енергоустановки (ВЕУ) не вібрує, якщо вага нерухомої частини турбіни в 16 разів перевищує вагу її рухомої частини. В сучасних ВЕУ вага обертових частин становить близько 40 – 60 тон (в залежності від потужності), вага нерухомої частини – комплексу підстави ВЕУ становить близько 1600 тон, тобто вага нерухомої частини майже в 30 разів перевищує вагу рухомої частини. Відповідно гасіння вібрації відбувається в результаті невеликої ваги віброуючих частин щодо всієї ваги ВЕУ.

На основі досліджень вітропарків світу встановлено, що вібрація ВЕУ не розповсюджується за межі контуру фундаменту ВЕУ в разі, якщо маса рухомої частини ВЕУ буде меншою за масу її нерухомої частини разом із фундаментом в 16 разів. Таким чином, вібрація окремих обертових елементів ВЕУ повністю згасає на рівні несучого елемента підстави і не впливає на прилеглу площу.

Метою роботи було в порівняльному аспекті оцінити рівні віброприскорення при функціонуванні ВЕС на прикладі ВЕС ТОВ «ОВІД ВІНД».

Дослідження проведені на території вітрополя ВЕС ТОВ «ОВІД ВІНД», Одеська область (у безпосередній близькості до ВЕУ – на відстані 50 см від фундаменту ВЕУ). Всі вимірювання проведено відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації». В якості вимірювального обладнання застосовувався вимірювач рівня звуку-аналізатор спектра віброметр портативний «Екофізика-110А» (1 клас точності), віброперетворювач ДН-4-Э, рулетка вимірювальна металева та метеостанція РСЕ-FWS-20 та ін. Під час досліджень застосовувалось лише обладнання відкаліброване та повірене відповідно до ЗУ «Про метрологію та метрологічну діяльність». Блок-схема вимірювальної апаратури наведена на рисунку.

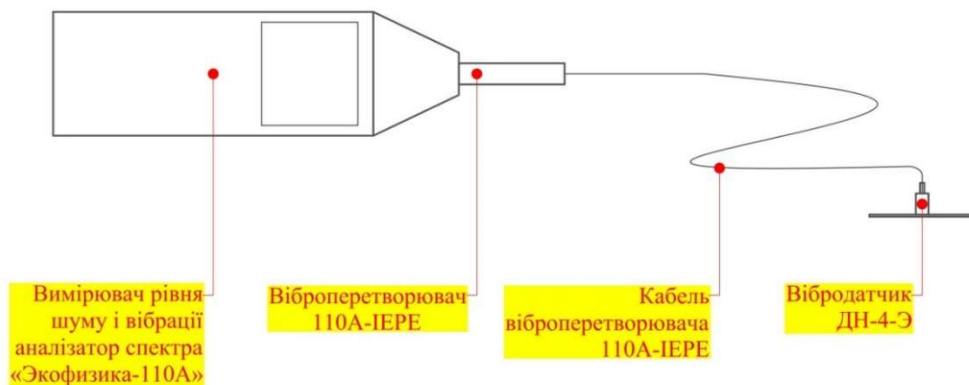


Рис. – Блок-схема вимірювальної апаратури

Відомо, що основними джерелами вібрації є рухомі частини ВЕУ. Результати вимірювань еквівалентних рівнів віброприскорення наведено в таблиці 1.



Таблиця 1 – Результати вимірювань еквівалентних рівнів віброприскорення

Розташування ВТ	Вісь, за якою проводились вимірювання	№ вимір.	Результати вимірювань рівнів віброприскорення, дБ відносно $1 \times 10^{-6} \text{ м/с}^2$ , в октавних смугах частот з середньгеометричними частотами, Гц					
			2,0	4,0	8,0	16,0	31,5	63,0
Біля ВЕУ №1 (на відстані 0,5 м. від фундаменту)	X	1.1	12,6	12,9	12,5	11,0	8,0	4,8
	Y	1.2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
	Z	1.3	5,7	1,7	0,7	2,0	3,5	0,3

Додатком №17 до Державних санітарних правил планування та забудов і населених пунктів, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 червня 1996 року №173, що зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24 липня 1996 року за №379/1404 встановлені Нормативні рівні вібрації в житлових приміщеннях (дБ), які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Нормативні рівні вібрації в житлових приміщеннях (дБ)

Параметри, що нормуються	Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Віброшвидкість	79	73	67	67	67	67
Віброприскорення	25	25	25	31	37	47
Віброзміщення	133	121	109	103	97	91

Беручи до уваги, що в Україні на момент проведення досліджень та підготовки даного матеріалу відсутні нормативи, які регламентують рівні вібрації на території вітропарків, (табл. 3) наведено порівняння вимірних еквівалентних рівнів віброприскорення з Нормативними рівнями вібрації в житлових приміщеннях (дБ) (Додатку №17 до Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, затвердженими Наказом МОЗ України від 19 червня 1996 року №173, що зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24 липня 1996 року за №379/1404).

Таблиця 3 – Порівняння вимірних еквівалентних рівнів віброприскорення з нормативними рівнями вібрації в житлових приміщеннях (дБ)

Параметри, що нормуються	Вісь, за якою проводились вимірювання	Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц					
		2	4	8	16	31,5	63
Вимірні еквівалентні рівні віброприскорення	X	12,6	12,9	12,5	11,0	8,0	4,8
	Y	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
	Z	5,7	1,7	0,7	2,0	3,5	0,3
Нормативне значення	дБ	25	25	25	31	37	47

Гранично допустимими рівнями загальної вібрації категорії 3 (технологічна типу «В») (які є мінімально допустимими серед Гранично допустимих рівнів загальної вібрації), що встановлені ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» (табл. 4).

Таблиця 4 – Порівняння вимірних еквівалентних рівнів віброприскорення з гранично допустимими рівнями загальної вібрації категорії 3 (технологічна типу «В»)

Параметри, що нормуються	Вісь, за якою проводились вимірювання	Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц					
		2	4	8	16	31,5	63
Вимірні еквівалентні рівні віброприскорення	X	12,6	12,9	12,5	11,0	8,0	4,8
	Y	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
	Z	5,7	1,7	0,7	2,0	3,5	0,3
Нормативне значення	дБ	36	33	33	39	45	51

При порівнянні вимірних еквівалентних рівнів віброприскорення з Нормативними рівнями вібрації в житлових приміщеннях (дБ) (Додатку №17 до Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, затвердженими Наказом МОЗ України від 19 червня 1996 року №173, що зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24 липня 1996 року за №379/1404), перевищень нормативних рівнів не зафіксовано.

При порівнянні вимірних еквівалентних рівнів віброприскорення з Гранично допустимими рівнями загальної вібрації категорії 3 (технологічна типу «В»), що встановлені ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації», перевищень встановлених гранично допустимих рівнів також не виявлено.

Вітроенергетика є однією з перспективних напрямків генерації електроенергії, а також досить безпечною для життя та здоров'я людей, як показують результати проведених досліджень щодо оцінки рівнів віброприскорення ВЕУ.

#### *Література*

1. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
2. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» – К.: МОЗ, 1999. – 39с. – (Нормативні директивні правові документи).
3. Міжнародний енергетичний портал. Прогноз, відновлювальні джерела енергії [Електронний ресурс] / – 2020. – Режим доступу: <https://cutt.ly/RMxBGld>
4. ДСТУ 8339:2015 «Вітроенергетика. Вітроелектростанції. Оцінення впливу вітроелектростанцій на навколишнє середовище». – К.: 2015. – (Нормативні директивні правові документи).

УДК 504.5:621.31

*Тамара Кундельська – к.т.н., екологічний експерт проекту CRIMIGE;  
Микола Штогрин – старший викладач;  
Володимир Чупа – аспірант  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УРБОСИСТЕМИ МІСТА ЯРЕМЧЕ**

Забезпечення належних умов для життєдіяльності населення урбосистем, зокрема параметрів стану навколишнього середовища, які спричинені антропогенним впливом має важливе значення. Одним із фізичних забруднень навколишнього середовища визначено електромагнітні поля, що створюються джерелами техногенного походження. Відомо, що електромагнітна ситуація в умовах населених місць спричинена великою кількістю електротехнічних пристроїв, як господарського так і військового призначення, а також радіо-, телевізійними і радіолокаційними об'єктами, високовольтними лініями електропередач, базовими станціями стільникового, транкінгового та супутникового зв'язку. Щороку кількість цих об'єктів збільшується, спричинюючи таким чином погіршення санітарно-гігієнічної ситуації в урбосистемах, що в свою чергу має вплив на здоров'я населення.

З огляду на зазначене та з метою попередження шкідливого впливу на навколишнє середовище електромагнітного поля, за період 2020-2021 рр., науковцями кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу були проведені моніторингові еколого-геофізичні дослідження електромагнітного забруднення в межах урбосистем ряду населених пунктів, зокрема, м. Яремче. Дослідження були проведені в межах міжнародного проекту HUSCROUA/1702/6.1/0022 «Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище – CRIMIGI» [1].

Щороку урбосистему міста Яремче, як центру рекреації Карпатського регіону, відвідує до 1 млн. осіб [2], хоча постійна кількість населення, що проживає на території Яремче складає 23054 особи [2]. Такі великі потоки потребують додаткових джерел електроенергії та збільшення обсягів на вже діючих об'єктах електропостачання, збільшення покриття території мобільним зв'язком може спричинити підвищення показників електромагнітного поля високочастотного діапазону, що в свою чергу може бути джерелом електромагнітного забруднення урбосистеми. м. Яремче.

Для дослідження електромагнітної ситуації в межах урбосистеми м. Яремче та визначення території поширення електромагнітних полів (ЕМП) промислової частоти був використаний прилад німецької фірми GIGAHERTZ SOLUTION NFA-400 (рис. 1) [3]. Заміри були здійснені маршрутним методом по центральній дорозі, що проходить через місто та другорядних бічних вулицях в межах селітебної території.

На рис. 2 представлено картографічну модель опрацювання отриманих результатів дослідження ЕМП за допомогою програмного забезпечення NFASoft [3], на топооснові Google Earth.



Рис. 1 –  
Зовнішній вигляд  
приладу NFA-400

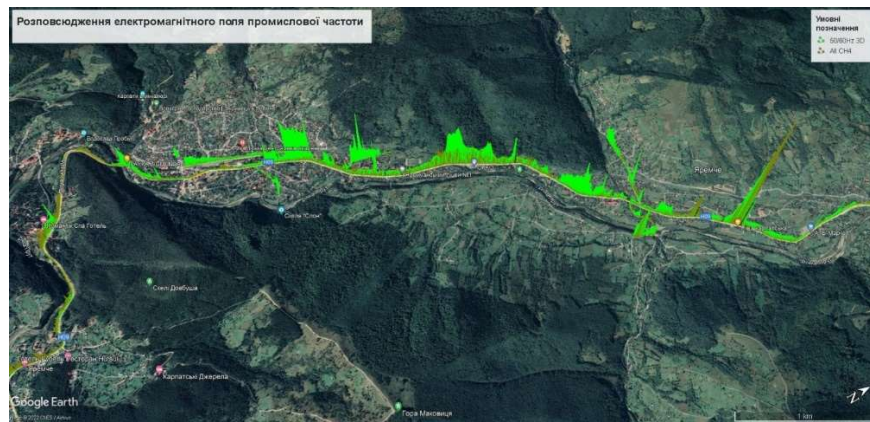


Рис. 2 – Картографічна модель опрацювання отриманих  
результатів дослідження ЕМП в межах урбосистеми м.  
Яремче

На рис. 3 наведено результати обробки рівнів напруженості електричної (коричневого кольору) та магнітної (зеленого кольору) складових електромагнітного поля. Найбільше значення магнітного поля (600 нТл) спостерігалось в районі магазину «Піца карпатська». Найбільше значення напруженості електричного поля (127 В/м) спостерігалось в районі готелю «Рубель».

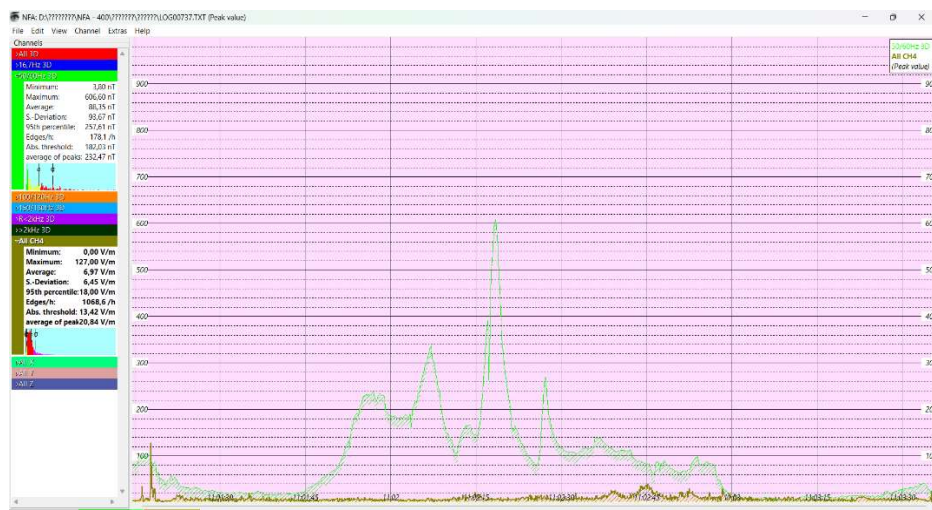


Рис. 3 – Результати обробки рівнів напруженості електричної та магнітної  
складових ЕМП в межах урбосистеми м. Яремче

Також виконувались заміри радіаційного фону за показниками гамма-випромінювання, проводилась ідентифікація радіонуклідів по маршруту зйомки за допомогою пошукового дозиметра-радіометра МКС-11ГН «СПЕКТРА» (рис. 4) [4].

Це є високочутливий та компактний прилад для виявлення, локалізації та ідентифікації радіоактивних та ядерних матеріалів за їх зовнішнім гамма- та нейтронним випромінюванням та амплітудним гамма-спектром. Після вимірів запускається програма ідентифікації, яка дозволяє ідентифікувати виявлені радіонукліди з зазначенням категорії, до якої вони належать (відповідно до вимог МАГАТЕ) [4].

В результаті виконаних замірів по маршруту зйомки виявлено Ra226, Th228, Am241, Co57, Cs137. Радіаційний фон коливався в межах 0,11-0,16 мкЗв/год. Допустима норма становить 0,32 мкЗв/год.

Також виконувались заміри електромагнітного поля в районі розташування базових станцій стільникового зв'язку за допомогою аналізатора електромагнітного випромінювання NFE-35С з антеною LogPer німецької фірми GIGAHERTZ SOLUTION. Це портативний прилад для визначення небезпечних для здоров'я людини джерел високочастотного випромінювання в діапазоні від 800 МГц до 2,7 ГГц [3].



Рис. 4 – Зовнішній вигляд дозиметра-радіометра МКС-11ГН «СПЕКТРА» (а – під час вимірювання; б – у процесі набору спектра радіоактивних частинок; в – у процесі визначення пікових значень та ідентифікації радіоактивних елементів)

В Україні гранично-допустимий рівень густини потоку енергії згідно ДСН 239-96 [5] становить 100 мкВт/см<sup>2</sup> або 19,42 В/м. Виміряні значення в районі залізничного вокзалу та у точках спостереження в межах урбосистеми м. Яремче не перевищували встановлених норм.

#### Література

1. «Регіональний центр навчання та моніторингу впливу електроустановок на навколишнє середовище – CRIMIGE» (HUSKROUA/1702/6.1/0022, 2020-2022 рр.) URL: <http://crimige.cunbm.utcluj.ro/en/about/>
2. Стратегія розвитку туризму на території Яремчанської міської ради на період до 2027 року. м. Яремче, 2017. 86 с. URL: [https://rada.info/upload/users\\_files/33309833/957eb53afbaa14326eb08a9d4a9b3d09.pdf](https://rada.info/upload/users_files/33309833/957eb53afbaa14326eb08a9d4a9b3d09.pdf)
3. Офіційний сайт компанії GIGAHERTZ SOLUTION. URL: <https://gigahertz-solutions.com/>
4. Офіційний сайт компанії EKOTECT. URL: <http://ecotest.ua/products/new-sprd-spectra/>
5. ДСН 239-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань: наказ МОЗ України від 01.08.1996 р. №239. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0488-96>

УДК:502.175:537.531

*Тарас Качала – к.т.н., доцент;  
Христина Масляк – студентка;  
Денис Семкович – студент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ІФНТУНГ**

Ніхто ніколи не звертає увагу на шум, а дарма, це сприймається як реальна шкідлива біда для здоров'я. У сьогочасних умовах життя люди знайшли вихід як захистити себе від нього, але тільки вдома, знизити рівень шуму можна за рахунок ефективної шумоізоляції стін, кутів і провідників шуму [1].

Існують різні рівні шуму.

Рівень звуку показує інтенсивність шуму в порівнянні з шкалою:

- від 100 до 130 дБ: больовий поріг, відбійний молоток, реактивний двигун на землі.

- від 80 до 100 дБ: небезпечні шуми. Проходження поїзда, гучна музика.

- від 60 до 80 дБ: виснажливий шум. Дуже жвава вулиця, телевізор.

- від 40 до 60 дБ: дратівливі шуми. Тихий офіс, розмова на нормальному рівні.

- від 10 до 40 дБ: легкий шум. Вітер шелестить листям, пустеля, квартира тиха.

Шум поширюється через стіни, вікна, повітря, дах тощо, і в більшості випадках повністю його позбутись не можливо, хіба що тільки приглушити, зробити мінімальним.

Мало хто знає що простий банальний шум впливає на здоров'я людини.

Хто не знав зараз дізнається як і які наслідки можуть бути.

Хто би міг подумати що шум впливає на систему травлення і кровообігу на серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем.

До 90 дБ – порушується слух, до 120 дБ – призводить до фізичного болю який може бути дуже сильним. Шум не тільки погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці [2].

Шумове навантаження – це величезний стресогенний фактор, який спричинює патології пов'язані із ураженням слуху, центральної нервової та серцево-судинної систем. Таке навантаження знижує продуктивність праці на 15-20%, суттєво підвищує ризик захворюваності, сприяє надходженню в кров великої кількості гормонів, зокрема, адреналіну, внаслідок чого виникає відчуття небезпеки, страху. Встановлено, що майже у всіх системах і органах виникають зміни у відповідь на акустичний подразник. Ступінь вираженості впливу залежить від рівня звуку, розподілу його по частотах, часу дії та індивідуальних особливостей організму. Під впливом шуму погіршується сон та здатність до навчання. Інтенсивний шум знижує увагу людини, збільшує кількість помилок при виконанні роботи, пов'язаної із використанням інформації, управління механічними системами чи засобами. У біологічному аспекті велике шумове навантаження може спричинити деструктивні процеси в органах і тканинах людини: викликає зміну пульсу, дихання, спричинює

порушення обміну речовин, гіпертонічні кризи, серцево-судинні захворювання. Особливо важко переносяться раптові різкі високочастотні звуки [3].

На території ІФНТУНГ шумове забруднення вимірювали в 23-ох умовних точках. Заміри проводились приладом Flus Et-965.

МОЗ затвердив Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови (наказ від 22.02.2019 №463). На прилеглих територіях до житлових будинків підвищеної комфортності та котеджів вдень – до 65 дБ, вночі 55 дБ.

Підсумувавши дані заміри можна сказати, що крім автотранспорту, будівельних робіт, людей, і ще дрібних факторів більше нічого не виробляє шум. Деякі точки знаходились ближче до дороги (особливо з боку набережної) і у них показники більші, а чим ближче до території ІФНТУНГ тим менші. Тільки один показник перевищує норму біля 3 корпусу 73.1 дБ, де проводився замір було скупчення людей, цим все і пояснюється.

Розташування ІФНТУНГ дуже вдале, тому що знаходиться далеко від центру міста і від перенавантажених доріг. Заміри шуму проводили, коли на території університету не було великого скупчення людей.

Таблиця – Результати замірів рівня шуму

№	Координати	Результати вимірювань приладом Flus Et-965, дБ
1	48°55'46,53" пн. ш. 24°41'41,21" сх. д.	55,5
2	48°55'47,67" пн. ш. 24°41'42,02" сх. д.	59,55
3	48°55'49,94" пн. ш. 24°41'43,74" сх. д.	52,55
4	48°55'54,43" пн. ш. 24°41'46,26" сх. д.	46,2
5	48°55'56,04" пн. ш. 24°41'44,08" сх. д.	50,55
6	48°55'56,31" пн. ш. 24°41'46,88" сх. д.	49,3
7	48°55'58,53" пн. ш. 24°41'40,51" сх. д.	52,25
8	48°55'57,29" пн. ш. 24°41'39,02" сх. д.	52,85
9	48°55'54,62" пн. ш. 24°41'38,38" сх. д.	49,85
10	48°55'56,36" пн. ш. 24°41'41,27" сх. д.	53
11	48°55'54,78" пн. ш. 24°41'49,61" сх. д.	48,85
12	48°55'53,97" пн. ш. 24°41'55,52" сх. д.	44,35
13	48°55'52,35" пн. ш. 24°41'47,78" сх. д.	50,65
14	48°55'51,81" пн. ш. 24°41'50,21" сх. д.	51,33
15	48°55'44,38" пн. ш. 24°41'39,72" сх. д.	47,6
16	48°55'43,51" пн. ш. 24°41'42,46" сх. д.	50,1
17	48°55'44,36" пн. ш. 24°41'46,01" сх. д.	53,8
18	48°55'42,98" пн. ш. 24°41'47,10" сх. д.	52,45
19	48°55'47,59" пн. ш. 24°41'47,56" сх. д.	49,75
20	48°55'45,98" пн. ш. 24°41'50,92" сх. д.	47,21
21	48°55'48,89" пн. ш. 24°41'37,06" сх. д.	51,34
22	48°55'46,45" пн. ш. 24°41'32,84" сх. д.	49,82
23	48°55'44,26" пн. ш. 24°41'37,32" сх. д.	52,02



Рис. – Рівень шумового забруднення на території ІФНТУНГ

Отож, територія університету в час відсутності великого скупчення людей є дуже тихим і спокійним місцем, перевищень шуму, само собою, виявлено не було.

#### *Література*

1. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, затверджені наказом МОЗ України від 01.08.1996 №239. – URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text> Час звернення: 25.05.2021

2. Методика розрахунку розподілів рівнів електромагнітного поля, затверджена наказом МОЗ України від 29.11.2013 № 1040. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2130-13#Text> Час звернення: 25.05.2021

3. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення». – URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> Час звернення: 25.05.2021

4. ENV 5-166, Human exposure to electromagnetic fields, CENELEC, Brussels 1995. – URL: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/073/28073898.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/073/28073898.pdf)

5. Дячок В. В. Вивчення впливу електромагнітного випромінювання на приріст хлорофілсинтезуючих мікроводоростей / В. В. Дячок, С. Т. Мандрик, С. І. Гуглич // Chemistry, Technology and Application of Substances. – Lviv : Lviv Polytechnic Publishing House, 2018. – Том 1. – № 2. – С. 124 – 131.



УДК:502.175:537.531

*Тарас Качала – к.т.н., доцент;  
Василь Петрашук – студент;  
Богдан Кучерявий – студент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **РІВЕНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ НАФТИ І ГАЗУ**

Говорячи простими словами електромагнітне випромінювання – це електромагнітні хвилі, які випромінюються зарядженими частинками, атомами, молекулами, антенами та іншими випромінювальними системами.

Також є і певна класифікація цих хвиль, дивлячись на довжину хвилі і джерел випромінювання цієї хвилі розрізняють такі типи: гальмівне випромінювання, гамма-випромінювання, рентгенівське, ультрафіолетове, видиме світло, інфрачервоне, мікрохвильове, надвисокочастотне і радіовипромінювання. Інтенсивність випромінювання та швидкість поширення електромагнітної хвилі залежать від властивостей середовища.

Джерелами техногенного електромагнітних полів є різні це передавальні пристрої, лінії електропередачі, транспорт тощо.

Біологічна дія електромагнітної хвилі залежить від частоти коливання хвилі:

- з підвищенням частоти, тобто зменшенням довжини хвилі, біологічна дія електромагнітного випромінювання стає більш вираженою;

- під впливом слабого електромагнітного випромінювання в організмі порушуються фізіологічні функції. Наприклад: ритм серцевих скорочень, рівень кров'яного тиску, електрична активність мозку, збудливість нервових клітин, процеси обміну тощо

Дія електромагнітного випромінювання зумовлює акумулятивний ефект: реакція виникає унаслідок кількох впливів, кожний з яких самостійно її не викликає.

Також в теперішній час ми можемо спостерігати підвищене електронавантаження у житлових секторах, через велику кількість потужної домашньої техніки (мікрохвильові печі, пральні машини, холодильники, персональні комп'ютери, радіо та інші).

На мою думку обов'язково потрібно проводити «Контроль рівня електромагнітних полів» в першу чергу в житлових зонах, навчальних закладах, офісах, заводах та підприємствах, де є постійні великі скупчення людей, адже високий рівень електромагнітного випромінювання може негативно впливати на здоров'я людей.

Для вимірювань використовується 3D низькочастотний аналізатор з реєстратором даних NFA-400. Особливості даного приладу полягають у: 1D безпотенціальні вимірювання електричного поля (по осі у), вимірювання електричного поля за допомогою вбудованого датчика або опційно доступного ТСОЗ – зонда, вбудований диктофон полегшує аналіз вимірювань.

При роботі з даним приладом від нас, як операторів вимагалось мінімум зусиль для його налаштування, адже обробка сотень тисяч одиниць інформації в секунду проводиться в фоновому режимі, що дає змогу в процесі вимірювання віднайти найбільш інформативні параметри.

3D низькочастотний аналізатор NFA-400 дозволяє проводити 3D-вимірювання магнітного поля, діапазон вимірювання густини магнітного потоку в межах 1,0-19999 нТ; напруженість електричного поля в межах 0,1-1999 В/м; а також візуалізацію результатів вимірювань в режимі реального часу.

Дослідження проводились на території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу і на прилеглих територіях. Маршрут пролягав навколо університету, початок на вулицях Флотській, Карпатській, Береговій, далі вздовж всієї західної межі території ІФНТУНГ, перед головним корпусом, та 5 корпусом, і вздовж східної частини стадіону.

Після чого даний прилад ми встановили на спеціальний тримач, тоді увімкнули на режим «On» і зачекали початку фіксації даних, тобто перемикнули на режим «Log», після чого на екрані висвітлився таймер і порядковий номер заміру. Після цього, ми почали проводити заміри запланованим нами маршрутом, тримаючи даний прилад за штатив, десь 2-3 метри над землею.

Наступним кроком для нас був аналіз виміряних даних та перенесення їх на карту в програмі Google Earth рисунок 1.

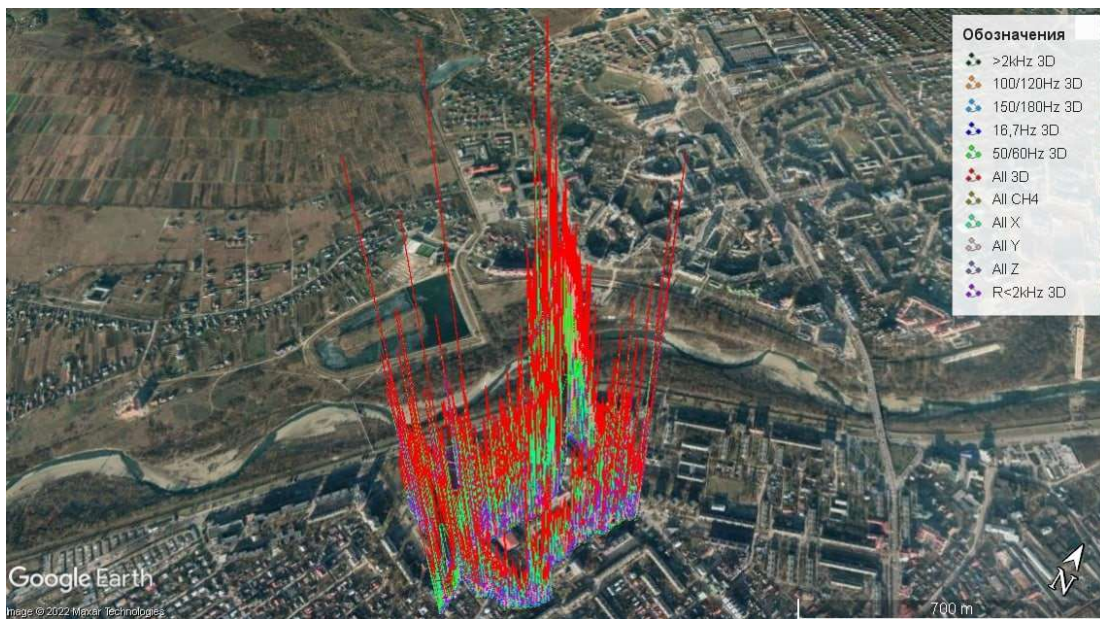


Рис. 1 – Карта рівня електромагнітного випромінювання на території ІФНТУНГ

В результаті дослідження було виявлено що рівень електромагнітного випромінювання на території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу не перевищує встановлених норм.

#### Література

1. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, затверджені наказом МОЗ України від 01.08.1996

№239. – URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text> Час звернення: 25.05.2021

2. Методика розрахунку розподілів рівнів електромагнітного поля, затверджена наказом МОЗ України від 29.11.2013 № 1040. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2130-13#Text> Час звернення: 25.05.2021

3. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення». – URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> Час звернення: 25.05.2021

4. ENV 5-166, Human exposure to electromagnetic fields, CENELEC, Brussels 1995. – URL: [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/28/073/28073898.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/073/28073898.pdf)

5. Дячок В. В. Вивчення впливу електромагнітного випромінювання на приріст хлорофілсинтезуючих мікродоростей / В. В. Дячок, С. Т. Мандрик, С. І. Гуглич // Chemistry, Technology and Application of Substances. – Lviv : Lviv Politechnic Publishing House, 2018. – Том 1. – № 2. – С. 124 – 131.

УДК:502.175:537.531

*Тарас Качала – к.т.н., доцент;  
Степан Гарасимів – студент,  
Ярослав Дзюбак – студент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ НА ТЕРИТОРІЇ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ (НА ПРИКЛАДІ ІФНТУНГ)**

З першого дня військового вторгнення росії на територію України та захоплення Чорнобильської і Запорізької АЕС над Європою та світом нависла ядерна загроза. Відтоді щодня інформацію про рівень радіаційного забруднення шукають сотні тисяч людей по всьому світу. З метою висвітлення такого роду інформації було проведено не великі дослідження на території одного із найбільших університетів Прикарпаття. Спершу варто уточнити що таке радіація. Отож радіація (іонізуюче випромінювання) це потоки електромагнітних хвиль або частинок речовини, що здатні при взаємодії з речовиною утворювати в ній іони. До іонізуючого випромінювання відносять альфа-, бета-, гамма-промені, рентгенівське випромінювання, а також інші високоенергетичні заряджені частинки на кшталт протонів та іонів, отриманих у прискорювачах. При проходженні через речовину нейтрони не іонізують її атомів, однак іонізація відбувається внаслідок вторинних процесів при поглинанні нейтронів ядрами, вибиванні протонів або при розпаді нейтронів на протон та електрон чи на антипротон та позитрон. Іонізуюче випромінювання надходить із радіоактивних матеріалів, рентгенівських трубок, прискорювачів частинок і присутнє у навколишньому середовищі. Іонізаційне випромінювання невидиме, і його неможливо виявити за допомогою людських відчуттів, тому використовуються такі інструменти як лічильник Гейгера, іонізаційний детектор. У деяких випадках іонізуюче випромінювання може спричинити світіння речовин (ефект Вавилова-Черенкова у випадку з рідинами або флюоресценція у випадку з іншими речовинами)

Альфа-промені – потік альфа-частинок, тобто ядер гелію-4. Утворюються при альфа-розпаді та потрібному розпаді. Альфа-частинки є, зазвичай, найбільш активно іонізуючими частинками, що утворюються при радіоактивному розпаді. Завдяки високій масі і заряду +2 одна альфа-частинка з енергією 3 MeV може іонізувати 100 тисяч атомів газу або до мільйона атомів у кристалі. З іншого боку – альфа-випромінювання є найменш проникним. Щоб зупинити його, достатньо листа паперу, або кількох сантиметрів повітря. Бета-промені – потік електронів або позитронів, що виникає при бета-розпаді ядер. На відміну від альфа-частинок, бета-частинки з конкретного джерела не мають типової енергії, а натомість можуть мати будь-яку енергію у широкому спектрі від нуля до деякої максимальної енергії, характерної для даного нукліда. Високоенергетична бета-частинка може іонізувати стільки ж атомів, скільки і альфа-частинка такої енергії але має більшу проникну здатність. Гамма-промені це фотони високої енергії, що утворюються при радіоактивному розпаді. Після більшості радіоактивних розпадів утворене ядро

знаходиться у збудженому стані. За дуже короткий період часу воно переходить в основний стан, випромінюючи високоенергетичний фотон.

Йони і вільні радикали, що утворюються після іонізації є надзвичайно хімічно активними. Під час взаємодії з ними малі молекули, руйнуються, а великі макромолекули (білки, ДНК, тощо) Локальне підвищення кислотності вздовж треків іонізуючих частинок руйнує ліпідні мембрани, що, в свою чергу, запускає механізми програмованої клітинної смерті. Зруйновані і пошкоджені молекули продовжують брати участь у метаболічних процесах всередині клітини і після закінчення дії випромінювання, заважаючи нормальному їх протіканню, тому ефекти навіть від сильного опромінення проявляються не одразу, а впродовж кількох днів. На рівні усього тіла інтенсивне іонізуюче опромінення викликає променеву хворобу. Хід її протікання варіюється в залежності від отриманої дози опромінення і того, яка саме частина тіла зазнала впливу. Типовими основними симптомами є (у порядку зростання дози): Пошкодження органів кровотворення (1-10 Гр); Ураження органів травлення (10-50 Гр); Пошкодження стінок судин (50-100 Гр); Пошкодження нервової тканини (більше 100 Гр); Поглинання організмом більше 10гр майже завжди призводить до смерті.

Для вимірювання використовувався відчизняний Дозиметр – радіометр Ecotest МКС-11ГН «СПЕКТРА» Даний прилад відрізняється хорошою чутливістю за рахунок сцинтиляторного типу індикатора який дозволяє миттєво виявляти найменші коливання радіаційного фону та дає можливість використовувати його в якості пошукового дозиметра-радіометра. Також цей тип індикатора дозволяє визначити яким саме радіоактивним ізотопом забруднена місцевість, до плюсів приладу можна віднести максимально спрощене керування як для такого класу приладів. Все що потребувалось від нас це включити прилад і вибрати режим користувача

Дослідження проводились на території Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу і території довкола університету. Вулиці Берегова, Флотська, Карпатська

Перед початком вимірювання було складено маршрут на території університету та прилеглих територіях. Вимірювання проводились на відстані 1,5 метри над землею, кожне вимірювання тривало рівно 20 секунд для того щоб прилад зібрав достатньо даних для того щоб показати коректні показники, для кращих результатів на кожній ділянці проводилось 3 вимірювання на певній відстані між ними. Після вимірювання дані вносились до журналу для подальшої побудови карти

В результаті досліджень відхилень рівня радіації виявлено не було, на всій території де проводились дослідження рівень радіації відповідав фоновим показникам характерним для даних умов.

Для уникнення надмірного впливу іонізуючого випромінювання нормативними документами передбачено наступні гранично припустимі рівні іонізуючого випромінювання 30 мкР/год або 0,30 мкЗв/год

Дотримання вимог нормативних документів та санітарної норми дотримується контролем якості будівельних матеріалів та обстеження земельних ділянок перед початком будівництва

*Література*

1. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, затверджені наказом МОЗ України від 01.08.1996 №239. – URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text> Час звернення: 25.05.2021
2. Методика розрахунку розподілів рівнів електромагнітного поля, затверджена наказом МОЗ України від 29.11.2013 № 1040. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2130-13#Text> Час звернення: 25.05.2021
3. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення». – URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> Час звернення: 25.05.2021
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): ДГН 6.6.1-6.5.001-98. [Чинний від 2000-12-07]. К.: МОЗ України, 2000. 40 с.
5. Л. Пурсело, Д. Лува, Ф. Готьє-Лафайе та ін.. Радіоактивність 68, с. 3, 215(2003)

## ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

УДК 574.4:504.455

*Гарсія Камачо Ернан Улліанодт – аспірант;  
Ігор Васильківський – к.т.н., доцент  
Вінницький національний технічний університет,  
м. Вінниця, Україна*

### ВТРАЧЕНА ІХТІОФАУНА ПІВДЕННОГО БУГУ В РЕЗУЛЬТАТІ БУДІВНИЦТВА МАЛИХ ГЕС

Масштабне господарське освоєння річки Південний Буг почалося у 1929 році із введенням в експлуатацію першої ГЕС і водосховища біля м. Первомайська. Відтоді на річці Південний Буг, споруджено і функціонують десятки малих ГЕС потужністю до 10 МВт (табл. 1). Енергетичний потенціал річки Південний Буг складає 27,735 МВт з річним обсягом виробництва електроенергії близько 94,34 ГВт-год [1].

Таблиця 1 – Малі ГЕС на річці Південний Буг

№ п/п	ГЕС	Потужність, кВт	№ п/п	ГЕС	Потужність, кВт
1	Ладизинська (діюча)	7500	9	Березівська (діюча)	300
2	Сабарівська (діюча)	1050	10	Савранська (діюча)	450
3	Брацлавська (діюча)	400	11	Гайворонська (діюча)	5700
4	Глибочанська (діюча)	6130	12	Сутиська (діюча)	1400
5	Чернятська (діюча)	1400	13	Первомайська	600
6	Сандрацька (діюча)	640	14	Костянтинівська	400
7	Новокостянтинівська (діюча)	525	15	Мигійська (діюча)	600
8	Щедрівська (діюча)	640		Всього	27735

Створення водосховища порушує століттями сформовані умови життя і розмноження іхтіофауни. Підвищення інтенсивності евтрофікації у штучних водосховищах на річках є свідченням постійного притоку неочищених стічних вод, що позначається на зміні видового і кількісного складу іхтіофауни. Очевидним є факт скорочення кількості видів іхтіофауни. В першу чергу зникають види іхтіофауни існування яких стає нестерпним і неможливим при погіршенні гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних і мікробіологічних показників річкової води.

Загальні наслідки гідротехнічного будівництва можна поділити на такі типи:

1) морфометричні – зміна окреслення та протягу берегових ліній, перерозподіл глибин, зміна площі-водного дзеркала;

2) гідрофізичні – збільшення та зменшення водності, перерозподіл водного стоку у просторі та часі, зміна швидкості течії, зміна водообміну та терморегіму;

3) гідрохімічні – зміна загальної мінералізації та іонного вмісту, зміна газового (кисневого) режиму, збільшення вмісту органічних та біологічних речовин;

4) токсикоекологічні та радіоекологічні: збільшення вмісту важких металів, пестицидів, радіонуклідів, збільшення індексів біотестів;

5) гідробіологічні та біопродуктивні: зміна флори та фауни, в тому числі зменшення рідкісних, цінних та важливих господарських видів, розвиток шкідливих видів, поява цвітіння води, заростання та заболочення, погіршення умов самоочищення.

Південний Буг, протягом сторіч вважався однією з найбагатших на рибу річок. Рибальство було найважливішою галуззю всіх промислів низових козаків і поставляло їм найуживаніший продукт харчування й торгівлі, а річка Південний Буг вважалася одним з найкращих в Запорозжжі місць для рибної ловлі. У Бузі, Інгулі, лимані, козаки ловили стерлядь (*Acipenser ruthenus*), севрюгу (*Acipenser stellatus*), білугу чорноморську (*Huso huso ponticus*), осетра російського (*Acipenser gueldenstaedtii*), сома європейського (*Silurus glanis*), ляща звичайного (*Abramis brama*), тараню (прохідна форма *Rutilus rutilus*) та річкову камбалу чорноморську (*Platichthys flesus luscus*). Але протягом ХХ ст. Південний Буг було перегороджено декількома греблями, які практично скалічили річку і перетворили її на низку суцільних водосховищ-відстійників, які поступово забруднюються і замулюються, що створює непридатні умови для життя представників іхтіофауни.

Дамби ГЕС не тільки перекривають прохідним риbam шлях до місць нересту. Вони впливають і на самі нерестовища. Прохідні осетрові, наприклад, відкладають ікру в місцях швидкої течії на кам'янисте або галькове дно, до якого вона приклеюється. Великі водосховища поглинають більшість таких місць, замулюють їх і виводять з ладу як нерестовища. При підпорі річок відбувається замулювання ґрунту, і нерестовища за таких умов втрачають своє значення. Шлях до місць нересту прохідних риб нерідко буває досить довгим і тривалим. Нерестовища деяких видів розташовані у верхів'ях річок, далеко від гирла. До числа риб, що йдуть на нерест з моря в річки, відносяться: осетрові – білуга, осетер, севрюга; чорноморський оселедець; деякі коропові, наприклад, сирть або рибець та ін.

Давайте проаналізуємо, яких представників іхтіофауни ми втратили, створивши для них нестерпні умови існування. Природні ареали поширення осетрових риб представлені на рис. 1.



Рис. 1 – Знищенні природні ареали поширення осетрових риб



Рис. 2 – Білуга – риба-цар. Повністю знищена у річці Південний Буг



Осетрові – прадавня родина прісноводних риб, що з'явилася 200-250 мільйонів років тому. За даними палеонтологічних досліджень рід людей з'явився билзько 2.8 млн років тому, а людина розумна, взагалі має вік всього 160 тис. років. Однак, самий молодий вид в біосфері Землі – людина розумна, менш чим за 100 років, зуміла майже повністю винищити родину осетрових, який був окрасою гідросфери і в якого практично не було природних ворогів, окрім людини.

До родини осетрових, які мешкали у річках України відносяться: білуга, осетер російський, севрюга, стерлядь. Білуга (*Huso huso*) – найбільша прісноводна риба на Землі (рис. 2). У Чорноморському басейні білуга здійснювала нерестові міграції у великі річки: Дунай (більше 2000 км від гирла), Дніпро, Південний Буг, Дністер і Ріоні. Тривалість життя білуги – до 100 років. Статевої зрілості вона досягає пізніше за інші види осетрових риб: самці в 12-14 років, самиці до 16-18 років. Міжнерестовий інтервал складає 4-5 років.

Основна частина чорноморської популяції білуги йде на нерест в Дунай, Дніпро, Дністер і Південний Буг. У Дніпрі великих особин (до 300 кг) ловили між сучасним Дніпром та Запоріжжям, а екстремальні заходи відзначались у Києві і вище: по Десні білуга доходила до села Вишеньки, а по Сожу – до Гомеля, де в 1870-х рр. була спіймана особина вагою 295 кг. У Дунаї, в минулому вид був досить звичайний і піднімався до Сербії, а в далекому минулому доходив до міста Пассау в східній Баварії. По Дністрі нерест білуги відмічався біля міста Сороки на півночі Молдови і вище Могиліва-Подільського. По Південному Бугу білуга піднімалася до Вознесенська (північ Миколаївської області). У природі білуга гібридує зі стерляддю, севрюгою, шипом та осетром. Найбільша будь-коли спіймана білуга показана на рис. 3.



Рис. 3 – Найбільша будь-коли спіймана білуга важила 1571 кг і сягала у довжину 7,2 м

Будівництво ГЕС повністю зупинило міграцію білуги. По Дніпру білуга не може піднятися вище Каховської ГЕС, а по Дністру – вище Дубоссарської ГЕС.

Міграція іхтіофауни відбувається з метою пошуку найбільш оптимальних умов існування, кормової бази і нересту. Якщо шляхи міграції штучно перекриваються греблями ГЕС, то природна популяція повністю гине.

При проходженні через турбіни ГЕС у риб спостерігаються механічні та біологічні пошкодження, а також аномальна поведінка. Візуальні обстеження тіла, а також результати розтину загиблих риб дозволили виявити такі основні види травм: випинання очей, рвані рани і розрізи, пошкодження покривів тіла, бульбашки газу

в м'язах спини, на зябрових пелюстках, плавниках і в кровоносних судинах, крововиливи в очах, в основах плавників, м'язах, органах черевної порожнини і в мозку, баротравми плавального міхура, розрив стінок плавального міхура, аритмія дихання. У деяких загиблих риб спостерігалось знебарвлення тіла, а в інших, навпаки, його підвищена пігментація. У більшості випадків у риб відзначалися крововиливи в тканинах і органах. Характер травм багато в чому залежить від розмірів тіла риб. У дрібних риб найбільш сильно ушкоджувався плавальний міхур, а у великих – крім того, спостерігалось порушення покривів тіла, розрив м'язів і перелом хребта. У загиблих риб спостерігаються: рубані рани, пошкодження тулуба, відсутність частин тіла (рис. 4).



Рис. 4 – Фото смертельних пошкоджень загиблих риб, які вимушені йти на нерест через греблі ГЕС

В Україні, для перешкоджання потрапляння риби у турбіни ГЕС, використовуються варварські електрозагороджувальні пристрої для відлякування риб (рис. 5). В результаті риба отримує електротрауми наслідки яких досі не досліджені. Використання електрозагороджувальних пристроїв можливо тільки після проведення додаткових досліджень поведінки риб в електричних полях.

Всі спеціально-деструкційні зміни Південного Бугу і річок України, здійснені заради отримання «дешевого» кіловата електроенергії, у підсумку, призвели до втрати цінних природних видів іхтіофауни.

Проблема збереження і збільшення рибних запасів в умовах, створених гідроелектростанціями, може вирішуватися різними способами. При спорудженні гребель в деяких випадках можуть влаштовуватися обхідні канали, так звані рибоходи. Посилюється і раціоналізується заводське риборозведення. Вживаються заходи для штучного формування іхтіофауни в створюваних водосховищах. Однак, цих заходів може бути недостатньо для відновлення втраченої іхтіофауни Південного Бугу.

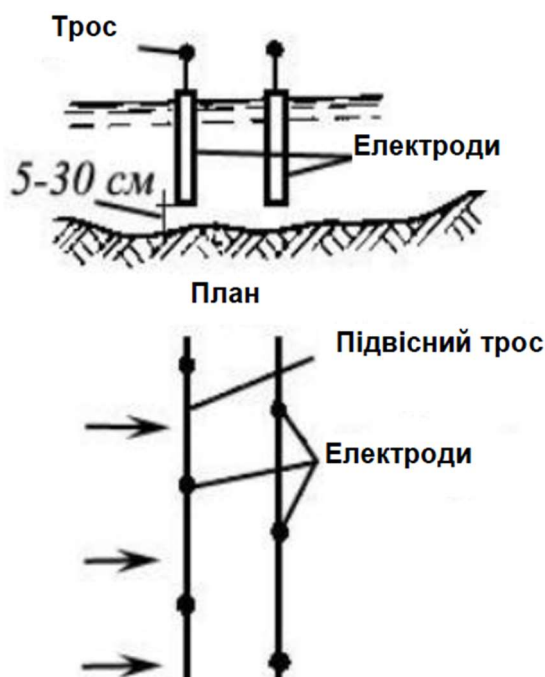


Рис. 5 – Електрозагороджувальні пристрої

Тому, для відновлення втраченої іхтіофауни українських річок необхідно здійснити наступні першочергові заходи:

- 1) провести реконструкцію і будівництво нових ОСК та припинити скид стічних вод без очистки;
- 2) збудувати рибовідні канали і створити умови для міграції прохідних видів риб через греблі ГЕС;
- 3) розчистити замулені водосховища і русла річок, та облаштувати нерестовища для прохідних видів риб;
- 4) заборонити використання на ГЕС електрозагороджувальних пристроїв, які завдають електротравми личинкам і молоді риб;
- 5) замінити звичайні гідротурбіни ГЕС та fish-friendly турбіни;
- 6) провести інвентаризацію об'єктів інфраструктури в зоні санітарної охорони водних об'єктів і досягнути виконання вимог водного кодексу України;
- 7) збільшити кількість штучно вирощуваного малька цінних порід риб і зарибнити чисті водойми.

#### *Література*

1. Залуми С. Г. Изменения в ихтиофауне низовьев Днепра и Днепроовско-Бугского лимана в связи с гидростроительством // Вестн. зоологии. – 1967. – С. 66-69.

УДК 628.35

*Valeria Gruzdova – Candidat pentru studii superioare (master);  
Yuvita Koloshko – Lector  
Universitatea Națională de Apărare Civilă din Ucraina,  
Kharkiv, Ucraina*

## **CARACTERISTICILE BIOMETANULUI ÎN TIMPUL PROCESĂRII ȘI A DEȘEURILOR AGRICOLE**

Astăzi, agricultura este una dintre principalele ramuri ale producției materiale. Este, de asemenea, baza de materii prime a industriilor ușoare și alimentare. Cererea de produse agricole este în continuă creștere, deoarece numărul populației, în special cea urbană, este în creștere. În agricultură, ca și în alte ramuri ale producției sociale, există o dezvoltare și o îmbunătățire constantă a forțelor de producție și, pe această bază, crește eficiența muncii agricole, ceea ce face posibilă producerea mai mult cu mai puțină muncă. Producția vegetală este cea mai expusă dintre toate ramurile agriculturii la influența factorilor de resurse naturale ale unui anumit teritoriu (soluri, climă, precipitații, secetă) și la o sezonalitate semnificativă, foarte pronunțată, a producției și consumului.

Majoritatea subsectoarelor sunt mecanizate (recoltare), dar infrastructura (depozitare, frigidere) este slab dezvoltată. Creșterea animalelor este cea mai mare ramură a producției agricole în ceea ce privește valoarea brută a producției. Acesta este conceput pentru a satisface nevoile populației în ceea ce privește carnea și produsele lactate, precum și nevoile industriei alimentare și farmaceutice în ceea ce privește numeroase tipuri de materii prime agricole. Locul principal în structura zootehniei este ocupat de creșterea bovinelor, creșterea porcinelor, creșterea păsărilor de curte, creșterea ovinelor [1]. Mai puțin importante sunt creșterea cailor, creșterea blănurilor, apicultura, pescuitul în iazuri, creșterea mătcilor. Biogazul ca și combustibil ecologic. Este format din metan și hidrogen în proporție de 40-90 % și 60-10 % dioxid de carbon. În Ucraina, în 2012, a fost organizată o licitație pentru crearea unui standard de stat pentru biogaz, care a fost câștigată de Institutul de Energie Regenerabilă al Academiei Naționale de Științe din Ucraina.

O varietate de reziduuri organice pot servi ca materii prime pentru producerea de metan și hidrogen: deșeuri agricole, deșeuri din industria alimentară, textilă și alte industrii, deșeuri municipale, ape reziduale. Biometanul, ca un analog apropiat al gazului natural, este utilizat pentru producerea de căldură și electricitate, ca și combustibil pentru transport, precum și ca materie primă pentru industria chimică. În prezent, potențialul de producere a biometanului în Ucraina este estimat la 7,8 miliarde m<sup>3</sup> /an. Potențialul include biometanul obținut din deșeuri și subproduse agricole (3,8 miliarde m<sup>3</sup>), din siloz de porumb (2,7 miliarde m<sup>3</sup>) și din alte deșeuri de animale și din industria de prelucrare (1,3 miliarde m<sup>3</sup>). Ucraina are cea mai mare suprafață de teren agricol din Europa. În consecință, Ucraina are unul dintre cele mai bune potențiale de materii prime agricole pentru producția de biometan din lume. În timpul cultivării și recoltării, prelucrării, depozitării și pregătirii pentru vânzare a produselor agricole, se generează o cantitate imensă de deșeuri.

Potrivit experților americani în agricultură, se știe că aproximativ 50 % din masa totală de porumb cultivat pentru conserve reprezintă deșeuri de câmp, aproximativ 30 %

reprezintă deșeuri de procesare și mai puțin de 20 % reprezintă cerealele conservate în sine. Din mai multe motive, fecalele de pasăre sunt incluse în categoria deșeurilor periculoase provenite de la fermele avicole. Consumul zilnic de cantități mari de fecale este cel mai important factor de impact asupra mediului înconjurător. Zonele de depozitare neautorizată a fecalelor sunt o sursă semnificativă nu numai de contaminare a solului, a apei și a apelor subterane, ci și cauza apariției și răspândirii unui miros neplăcut ascuțit, a creșterii și dezvoltării accelerate a ouălor și larvelor de helminți și muște, a multor alte microorganisme care pot conține agenți patogeni ai unor boli periculoase.

Datele privind efectivele de animale indică următoarele: 1) cea mai mare parte a deșeurilor solide din zootehnie este reprezentată de gunoiul de grajd:

- o fermă de vaci de lapte cu 100 de vaci de lapte produce aproximativ 14 tone de deșeuri solide pe zi;
- un complex de îngrășare pentru 10 mii de bovine poate produce 260 de tone de deșeuri pe zi. 2) În general, Ucraina, în prezența unei piețe pentru produsele animaliere, necesită investiții în unificarea echipamentelor de curățare și dezinfectare a deșeurilor agricole;
- elaborarea de reglementări privind eliminarea deșeurilor.

Agricultura are un impact mai mare asupra mediului decât orice alt sector al economiei naționale. Motivul este că agricultura necesită suprafețe uriașe. Ca urmare, peisajele unor continente întregi se schimbă, de exemplu, agro-pământul a schimbat complet Marea Câmpie a Chinei, unde odinioară exista o pădure subtropicală, trecând în nord la taiga Ussuri, iar în sud la jungla din Indochina.

În Europa, peisajele agricole au înlocuit pădurile de foioase, iar în Ucraina, terenurile arabile au înlocuit stepele. Peisajele agricole s-au dovedit a fi instabile, ceea ce a dus la o serie de dezastre ecologice locale și regionale [2]. Astfel, recuperarea necorespunzătoare a terenurilor a provocat salinizarea solului și pierderea majorității terenurilor cultivate în Interfluviu, aratul extensiv a provocat furtuni de praf în Kazahstan și în Statele Unite, pășunatul animalelor și agricultura au dus la deșertificare în zona Sahel din Africa.

#### *Lista surselor utilizate*

1. Biogazul în agricultură <https://landlord.ua/news/biohaz-u-silskomu-hospodarstvi-vartist-ta-efektyvnist/>
2. A producției de biometan în Ucraina <https://ua-energy.org/uk/posts/dlia-startu-vyrobnystva-biometanu-v-ukraini-neobkhdni-try-kroky-heletukha>

UDK 613.62:537.811

*Sergey Vambol – DSc., Prof.*  
*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine;*  
*Viola Vambol – DSc., Prof.,*  
*University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland, Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic*  
*National University, Poltava, Ukraine;*  
*Ihor Cherepnov – PhD Assoc. Prof.,*  
*State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine;*  
*Nastaran Mozaffari – M.Eng, PhD student;*  
*Niloofar Mozaffari – M.Sc, PhD student*  
*University Laval, Quebec, Canada*

### **MONITORING THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON BIOLOGICAL OBJECTS USING VEGETATIVE TEST SYSTEMS**

*Relevance of research.* The generation and consumption of various forms of energy has become one of humanity's biggest issues in recent decades. Electricity is one of the most promising sorts. While this is happening, technology is progressing in the direction of acquiring and transmitting this energy. Safety-related concerns are often restricted to safeguards against direct human exposure to generating and transmitting equipment. Energy transmission devices are becoming more numerous and diverse each year. The considerable environmental impact that electromagnetic fields have only lately started to be understood by humanity [1–5]. The adaptive capabilities of a person, as a biological object, to the corresponding changes are practically exhausted. Environmental diseases are one example of the new disease types that have emerged. They can express themselves in a variety of ways due to a breakdown in the link between the organism and the environment, from basic irritability and "chronic tiredness syndrome" to physical and mental flaws and the emergence of a broad variety of different "phobias."

Fig. 1 displays the comparative distribution of the primary physical variables that continuously impact a person in a modern metropolis under typical circumstances [6]. The primary harmful factors must therefore be attributed to technologically generated electromagnetic fields.

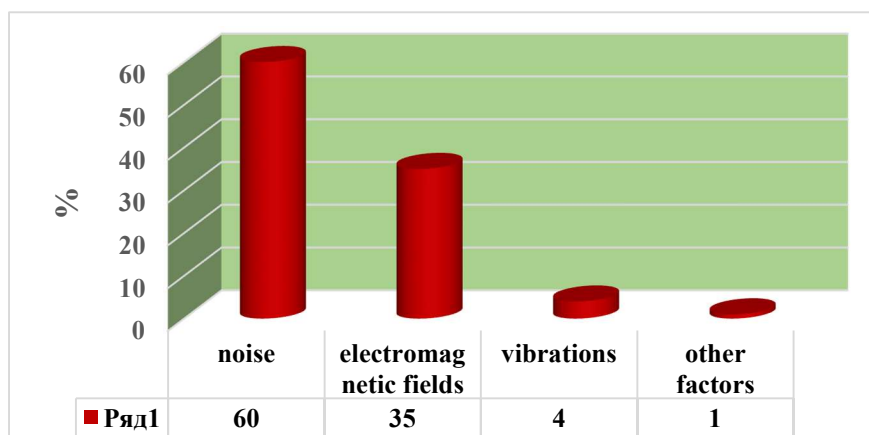


Fig. 1 – Physical factors constantly acting on a person

To date, there are quite a lot of theoretical studies devoted to the analysis of electromagnetic fields in power transmission lines using various computer and mathematical models [5-9]. At the same time, almost all scientific works suggest conducting full-scale experiments as further research. A broad review of the literature revealed the following:

- EMFs, both natural and man-made, can alter the body negatively, beginning at the cellular level and progressing to the entire body. These changes can build up over time and result in a variety of disorders;
- the action of EMF in a number of cases leads to emergencies in complex technical systems and, above all, in transport;
- In the practice of environmental monitoring, the electromagnetic environment is not systematically controlled in a dynamic way;
- Using specialized equipment to measure EMF levels is highly challenging, expensive, and requires specialized knowledge.

#### *Research results*

Therefore, we think that systematic monitoring of the electromagnetic environment in a dynamic mode is one of the potential areas of environmental monitoring for facilities generating and transmitting electrical energy. The approach of biotesting can be applied in this situation to effectively assess electromagnetic contamination. In contrast to bioindication, biotesting is an experimental procedure, the main goal of which is to quickly and broadly determine the quality of the medium while it interacts with laboratory cultures using the original test. As a result of their potential for speedy integrated assessment, biotesting methods are helpful in reconnaissance investigations and a good addition to the bioindication method.

Wheat seeds can be used as a detector because they are sensitive to low-frequency electromagnetic fields, particularly those from power lines. It is also worth noting the high sensitivity of seeds to low concentrations of biologically active substances in the soil. It is therefore possible to draw the conclusion that wheat seeds are very successful as a way to monitor environmental contamination by "electrosmog" since they are very susceptible to external influences in the early stages of germination [10].

A good link exists between the outcomes of testing on animals and methods of working with plant-based objects. Because all eukaryotes have a common gene machinery, radiation has a similar impact on the chromosomes of both plants and animals. Onion cells' sensitivity is comparable to that of human lymphocytes, bones, and liver cells, which are also utilized as test items for environmental variables but already come at a significant expense in terms of materials. The World Health Organization recommends the Allium test as a benchmark for examining the impact of pathogenic factors on cells and is used in the analysis of mutagenic activity.

In [11], it is said that an abrupt change in the cell membrane's potential should be accompanied by the production of electromagnetic waves. It is clear that this radiation enables cell contact at a sufficiently wide distance. This research examines how cells interact with one another through radiation by calculating the radiation spectra and radiation of cells.

The Hindemarsch-Rose equations are used to describe the dynamics of the membrane potential of cells, which represents the intricate aspects of interaction. Capacitance and resistance are used to describe the cytoplasm and membrane

conductivity, respectively, whereas a voltage-dependent resistor is used to represent the membrane conductivity [12]. The calcium and potassium ion concentrations slowly fluctuate in this model. The evolution of cell 1's and cell 2's membrane potentials is very regular in the absence of cell-to-cell interaction, as seen in Figures 2 and 3, respectively.

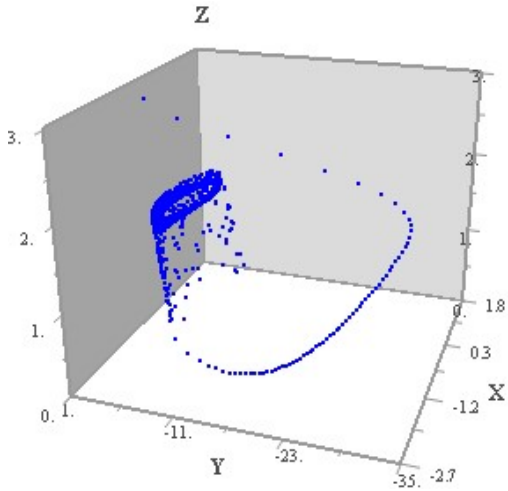


Fig. 2 – Phase portrait of cell 1 (no interaction)

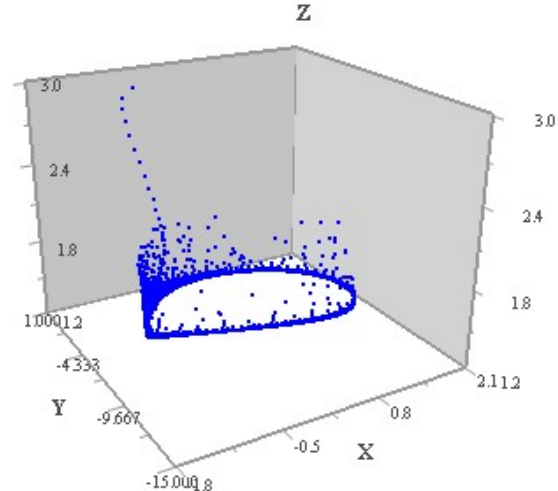


Fig. 3 – Phase portrait of cell 2 (no interaction)

Rapid changes in the membrane's potential and sodium currents under the effect of EMF cause electromagnetic oscillations to be excited, which in turn increases the field's strength. When cells interact by radiation, which occurs over very small distances, this interaction is quite significant and changes how cellular potentials evolve. The paths of dynamic systems that stand in for cells 1 and 2, respectively, are depicted in figures 4 and 5.

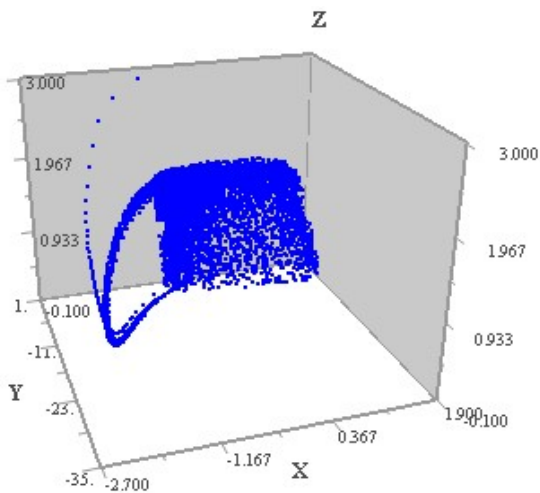


Fig. 4 – Phase portrait of cell 1 (taking into account interaction through radiation)

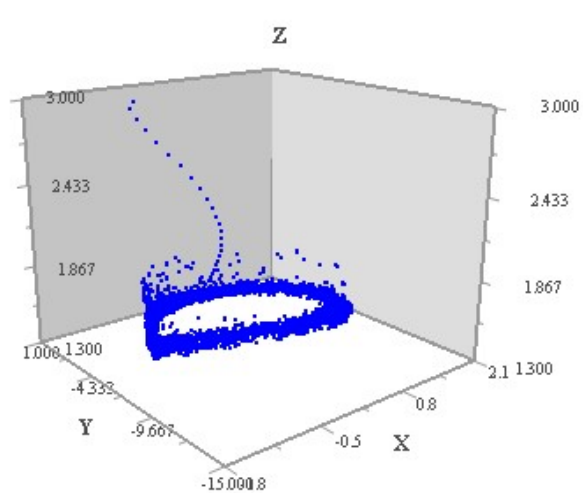


Fig. 5 – Phase portrait of cell 2 (taking into account interaction through radiation)

*Conclusions.* According to an analysis of the simulation's results, the evolution of cell membrane potentials is significantly stochastized as a result of the shift in regimes, which accounts for the interaction of cells with an electromagnetic field.



The following inferences can be made based on the study's findings above:

1. The detrimental effects of EMFs of various types can be rectified through biotesting using plant test devices.
2. In order to analyse the impact of EMF on biological objects at the cellular level, accurate electrophysical models of the cell must be used.
3. A two-level system is suggested to be utilized for EMF biomonitoring: preliminary (done immediately, based on an evaluation of the appearance of plants employed as a test system); and final (examination of the corresponding sample in laboratory conditions).

### *References*

1. D. Turney, V. Fthenakis. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants / *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 3261– 3270. DOI: 0.1016/j.rser.2011.04.023
2. S. Singh, N. Kapoor. Health Implications of Electromagnetic Fields, Mechanisms of Action, and Research Needs/ Hindawi Publishing Corporation *Advances in Biology* Volume 2014, Article ID 198609, 24 pages. DOI: 10.1155/2014/198609
3. K. Przystupa et al. Electromagnetic Pollution: Case Study of Energy Transmission Lines and Radio Transmission Equipment/ *Przegląd elektrotechniczny*, R. ISSN 0033-2097, 96 NR 2/2020: 52-57. DOI: 10.15199/48.2020.02.11
4. O. Velentza. Health Implications of Electromagnetic Fields, Electromagnetic Pollution-Pathological Effects of Electromagnetic Fields in Man/ *AASCIT Journal of Health* 2015; 2(6): 74-79
5. S. Vambol, et al. Vplyv elektromagnitnykh poliv LEP na poverkhnii shar hruntiv / *Podolannya ekolohichnykh ryzykiv ta zahroz dlia dovkillia v umovakh nadzvychainykh sytuatsii – 2022: zbirnyk materialiv I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. 26 – 27 travnia 2022 r. Natsionalnyi universytet «Poltavska politehnika imeni Yurii Kondratiuka», 2022.: pp. 639-642
6. Cherepnov I.A., et al. Elektromagnitne zabrudnennia navkolyshnoho seredovyscha // *Navchalnyi posibnyk MO Ukrainy*. Kharkivskiy hvardiiskiy ordena Chervonoi zirky instytut tankovykh viisk imeni Verkhovnoi Rady Ukrainy. NTU «KhPI». Kharkiv. – 2007. – 100 s.
7. Ban M. Alameri. Electromagnetic interference (emi) produced by high voltage transmission lines / (2019), «EUREKA: Physics and Engineering» No. 5, pp. 43 – 51. DOI: 10.21303/2461-4262.2020.001398
8. M.A. Korotkevich, S.N. Azarov. Assessment of the impact of cable transmission lines on the environment / *Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc.* V. 62, No 5 (2019), pp. 422–432. DOI: 10.21122/1029-7448-2019-62-5-422-432
9. S. Vambol, V. Vambol, V. Dubnitskiy, M. Kundenko, I. Cherepnov, Altaf Hussain Lahori. Mathematical modeling of assessment of the influence of electromagnetic fields on pollution of agricultural land / *Environmental Problems*, Vol. 7, No. 3, 2022, pp. 109 – 117. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2022.03.109>
10. Ostroumov A.A., Palatnaya S.A. The use of spring wheat seeds for monitoring the impact of ultra-wideband pulses of electromagnetic radiation on the biosphere // *Proceedings of the Moscow Institute of Physics and Technology*. – 2009. – T. 1. – No. 2.

11. Cherepnev I.A. Electromagnetic radiation of cells and their interaction MO of Ukraine. HUPS im. Ivan Kozhedub. Information processing systems. Collection of Sciences. prats. Vip.8(57). – Kharkiv. – 2006. P.117-118

12. Wang X.J. and Rinzel J. In: The Handbook of Brain Theory and Neural Networks . Ed. M.A. Arbib. Cambridge: MIT Press, 1995. P.686.

УДК 628.316.12-026.85:543.383.2

Галина Крусір – д.т.н., професор;  
Олена Груздова – аспірант  
Одеський національний технологічний університет,  
м. Одеса, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОДЕГРАДАЦІЇ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

Серед великої кількості шкідливих речовин антропогенного походження, що потрапляють у поверхневі водойми, нафтопродуктам належить одне з перших місць.

Основна причина забруднення водних ресурсів нафтою та її компонентами відбувається внаслідок потрапляння в них поверхневих стічних вод з території населених пунктів і виробничих підприємств. Промислові стоки представляють інтерес, оскільки концентрація нафтопродуктів, зокрема ароматичних вуглеводнів, там знаходиться в широкому діапазоні, в залежності від технологічного процесу.

Неочищені або недостатньо очищені стічні води, які потрапили до водного об'єкту, чинять негативний вплив на біологічні компоненти водної екосистеми. Нафтова плівка порушує обмін енергії, тепла, вологи та газу між водою і атмосферою. З урахуванням того, що виробничі води можуть потрапляти до водойм без попереднього очищення, а забруднення нафтою та нафтопродуктами зберігається протягом тривалого часу, розробка високоефективних методів очищення набуває особливої актуальності. Основною метою цих тез доповіді є огляд сучасних знань щодо бактерій, які беруть участь у трансформації ароматичних вуглеводнів.

Ароматичні вуглеводні, які потрапляють до водного об'єкта становлять серйозну загрозу для усіх ланок біоценозів, що призводить до їх повної зміни або трансформації. За хімічною природою ароматичні вуглеводні можна розподілити на моноциклічні (бензен, толуен, ксилен та ін.) і поліциклічні (нафтален, антрацен, фенатрен, пірен, бензпірен). Одним із найпоширеніших та найнебезпечніших у природі ароматичних сполук є фенол. Ароматичні вуглеводні містять бензолне кільце і його термодинамічна стабільність обумовлює стійкість до хімічного розкладання ароматичних сполук у навколишньому середовищі та, відповідно, становить серйозну небезпеку для біосфери.

Біоремедіація на сьогодні, заснована на природній здатності бактерій до деградації, є ефективним і привабливим інструментом для очищення забрудненого довкілля. Застосування мікроорганізмів з метою деградації ароматичних вуглеводнів, в свою чергу, повинна розглядатися в контексті біотехнологічних застосувань. Що стосується мікроорганізмів, які є біодеструкторами ароматичних вуглеводнів, то ці бактерії належать до родів *Beijerinckia*, *Pseudomonas* (*P. paucimobilis*, *P. fluorescens*, *P. putida*), *Alcaligenes* (*A. denitrificans* WW1), *Mycobacterium* (*M. flavescens*), *Rhodococcus* (*R. rhodnii*), *Athrobacter*, *Aeromonas*, *Cyanobacteria*, *Streptomyces* (*S. flavovirens*), *Synechococcus*. Саме представлені бактерії здатні до біотрансформації широкого спектру сполук за різних умов середовища (рН, солоність, температура), що робить їх пріоритетними кандидатами щодо очищення нафтовмісних стічних вод. Розкладання ароматичних вуглеводнів властиве сульфат відновлювальним

бактеріям, які можуть окислювати їх до CO<sub>2</sub>, або неповністю, до ацетату. Представники родини *Desulfobacteriaceae* здатні використовувати ароматичні сполуки, родини *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Mycobacterium*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Sarcina*, *Alcaligenes* – фенол, родини *Nocardia sp.* – толуен, *Pseudomonas spp.* – м- і п- ксилен, кумол, псевдокумол, 1-метилнафтален і 2-метилнафтален.

Аеробна та анаеробна біодеградація ароматичних сполук має подібні особливості. Різноманітні сполуки через велику кількість периферичних метаболічних шляхів трансформуються у кілька ключових сполук, які в подальшому, завдяки роботі подібних для різних груп мікроорганізмів метаболічних шляхів, ведуть до центрального метаболізму клітини.

Забруднення навколишнього середовища нерідко виникає в анаеробних біотопах, що не містить достатньої кількості кисню, таких як водоносні горизонти, осадові водні відкладення і затоплені ґрунти. За таких умов біодеградація аромосполук здійснюють анаеробні, які використовують альтернативні кисню акцептори електронів: нітрат-йон (денітрифікувальні мікроорганізми), сульфат-йон (сульфатвідновлювальні бактерії), Fe III (залізовідновлювальні мікроорганізми), CO<sub>2</sub> (метаногени) та інші акцептори. Мікроорганізми можуть повністю використовувати молекулу ароматичної сполуки як джерело карбону, або як джерело карбону та енергії, за відсутності кисню.

На прикладі нафтену – найпростішої поліциклічної ароматичної сполуки, до складу якої входять такі вихідні сполуки як циклопентан, циклогексан і декалін, а також їх алкільовані аналоги. Вони складаються з двох злитих бензольних кілець, їх хімічна формула C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>. Одним із шляхів розщеплення бактеріями цього компоненту є окиснення нафталіну за допомогою монооксигенезної та діоксигенезної атаки ароматичного кільця з утворенням проміжних сполук дигідродіолу. Бактерії використовують діоксигензну реакцію для окиснення нафталіну до D-транс-1,2-дигідрокси-1,2-дигідронафталіну, а потім фермент дегідрогенеза використовується для каталізу попереднього проміжного продукту до 1,2 –дигідроксинафталіну. Потім дигідроксильований поліциклічний ароматичний вуглеводень піддається розщепленню шляхом розриву ароматичного кільця з утворенням карбоксильованих сполук, які при подальшому окислюються ферментами, спрямовуються в цикл трикарбонових кислот рис. 1.

Для розробки успішної стратегії біоремедіації необхідні детальні знання про мікроорганізми певного середовища проживання разом з глибоким розумінням екологічного статусу бактерій. Таким чином, аналізуючи дані тези, можна зробити висновок щодо важливості досліджень, які проводяться, та їх напрямів. По-перше, після отримання даних за результатами роботи дослідників та науковців є можливість розробити ефективні системи очищення з використанням біопрепаратів. Однак інтерес до біодеградації вуглеводнів не обмежується практичними цілями. У всьому світі проводяться дослідження, спрямовані на вивчення екологічних, біохімічних та генетичних аспектів мікробної деградації нафти та її компонентів. В умовах зростаючого забруднення навколишнього середовища сполуки природного та антропогенного походження метаболічні можливості існуючих природних мікробних угруповань змінюється, а нові мікробіоценози змінюють метаболічні можливості існуючих природних мікробних

угруповань і формують нові мікробіоценози, в тому числі за рахунок бактерій-деструкторів. Розуміння цих процесів дозволить не тільки відновити порушені екосистеми, а й розумно користуватися та управляти ними.

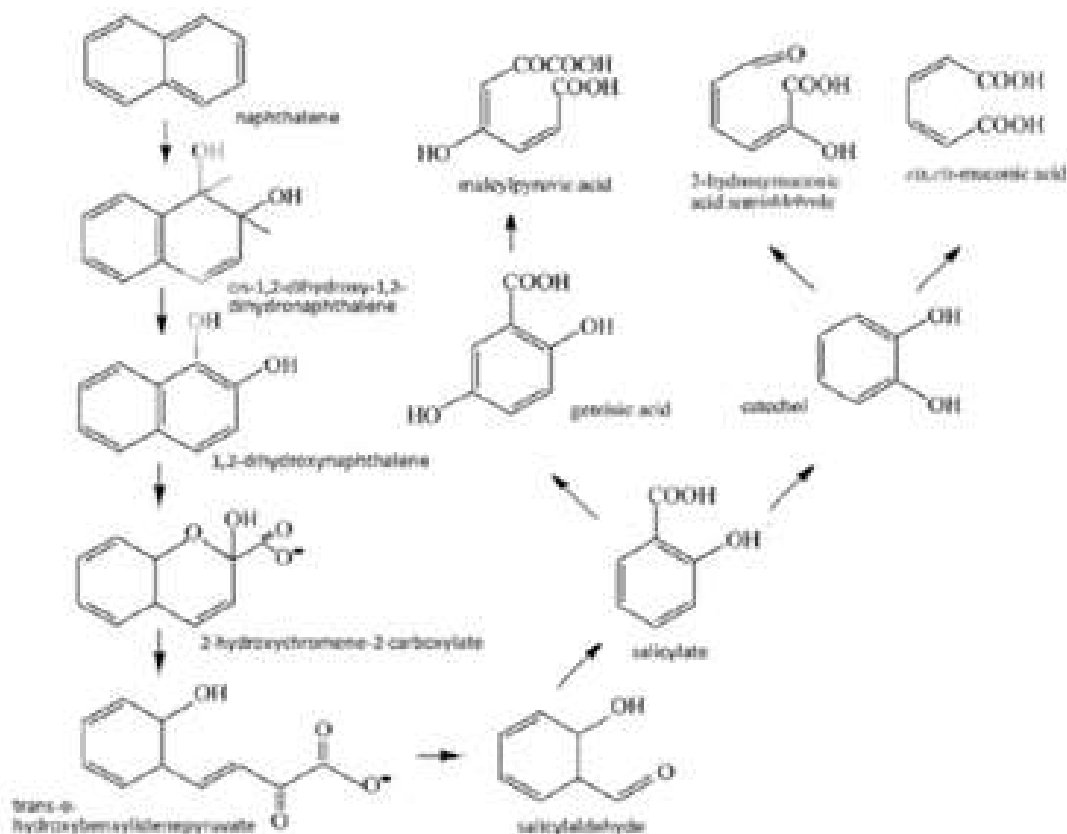


Рис. 1 – Процес біодеградації вуглеводнів бактеріями

Багато мікроорганізмів, що розкладають забруднюючі речовини є дуже численними, але представлені некультивованими формами. У цьому контексті дуже багато зв'язків, у тому числі міжвидові взаємовідносини між організмами дуже часто залишаються недослідженими під час вивчення фізіології деструкційних бактерій. Саме ці дослідження сприятимуть розумінню механізмів деструкції не тільки на клітинному рівні, а й в контексті мікробного співтовариства, розуміння взаємовідносин всіх організмів в екосистемі, що надасть можливість як робити прогнози, так і управляти біоценозом.

#### Література

6. Білокопитов Ю. Проблема очищення поверхневих і стічних вод від нафтопродуктів / Ю. Білокопитов, А. Міцкевич // Наукові праці. Техногенна безпека. – 2013. – Вип. 198., Том 210. – 147 с.
7. Wang H., Wwang B., Dong W., Hu X. 2016 Co-acclimation of bacterial communities under stresses of hydrocarbons with different structures. [CrossRef][PubMed];
8. Ubani O., Atagana I.H., Thantsha S.M. Biological degradation of oil sludge: A review of the current state of development. 2013? 12? 6544-6567. [CrossRef].

9. Godfrin M.P. Sihlabela M., Bose A., Tripathi A., Behavior of Marine Bacteria in Clean Environment and Oil Spill Conditions. *Langmuir* 2018, 34, 9047-9053. [CrossRef].
10. Xu X., Liu W., Tian S., Wang W., Qi Q., Jiang P., Gao X., Li F., Yu H., Petroleum Hydrocarbon-Degrading Bacteria for the Remediation of oil Pollution under aerobic conditions: A perspective analysis. *Front. Microbiol.* 2018, 9, 2885.
11. Joanna Brzeszcz J., Kaszycki P., Aerobic bacteria degrading both n-alkanes and aromatic hydrocarbons: an undervalued strategy for metabolic diversity and flexibility. *Biodegradation.* 2018, 29, 359-407. [PubMed].
12. Brooijmans R.J.W., Pastink M.I., Siezen R.J.. Hydrocarbon-degrading bacteria: The oil-spill clean-up crew: Genomics update. *Microb. Biotechnol.* 2009, 2, 587-594.
13. Travkin V.M., Solyankova I.P, Salicylate or phthalate: the main intermediates in the bacterial degradation of naphthalene. *Processes* 2021, 9 , 1862.

UDC 504.054:582.685.4

*Natalia Glibovytska – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor  
Jagiellonian University,  
Krakow, Poland*

## **INFLUENCE OF ELECTRICAL ENERGY FACILITIES ON VITALITY OF BIOLOGICAL SYSTEMS**

Environmental pollution caused by power industry facilities includes three components – electromagnetic, vibration and noise pollution. Physical pollution is one of the dominant environmental pollutants in the world today and causes a number of diseases in humans and a vitality decline in animals and plants. Living organisms show different sensitivity to electromagnetic pollution, depending on the individual characteristics of the species.

Thus, low-frequency electromagnetic radiation causes a slowdown in metabolic synthetic processes, a decrease in biological mass, and inhibition of vital activity in earthworms, which are bioindicators of soil quality. In the soil nematode *Caenorhabditis elegans* electromagnetic radiation leads to disruption of the proteins and fats biosynthesis and premature cells aging. In bacteria under the influence of an electromagnetic field there is a violation of cellular transport, the structure of nucleic acids and proteins, and the permeability of biological membranes. Electromagnetic radiation suppresses the growth of soil microorganisms, which is the basis of the method of combating agricultural crops pests – pathogenic fungi and bacteria. In order to prevent infectious diseases appearance of seed material caused by microorganisms of the following genera *Corinobacterium L.*, *Sclerotinian L.*, *Fusarium L.*, *Botritis L.*, the technique of irradiating seed material with electromagnetic waves of a certain frequency is used today [4].

Under the influence of electromagnetic radiation, plant growth and development processes are inhibited, the shape and size of vegetative and generative plant organs change, and the mass of the aerial part of plants decreases.

Electromagnetic radiation causes changes in the behavior of insects, in particular at the level of informational relations between individuals, and disrupts physiological indicators, metabolism, growth and development, and leads to the appearance of mutations [1].

The effects of noise on plant organisms are intense transpiration, which causes tissue necrosis and death, and disruption of mitotic cell division. When exposed to noise of 100 dB, reproductive organs die and plant growth slows down, and the maximum life cycle of a plant is 10 days [2]. In animals, noise leads to a decrease in hearing and an increase in heart rate, hormonal disorders, organ system malfunctions, increased anxiety in animals, and increased migration processes. The consequences of noise pollution are the disappearance of certain species on the planet and disruption of trophic biotic interactions. Noise pollution leads to a reduction in the habitat of birds, in particular, an increase in the natural noise level by just 10 decibels reduces the bird population by 90%. Birds' eggs are especially sensitive to noise, the shell of which cracks when exposed to excessive sound frequencies.

Honey bees lose their ability to navigate in space and stop moving for up to twenty minutes when exposed to sounds between 300 and 1 kHz at an intensity between 107-120 dB. Diptera flies show a response at 80-800 Hz (at 80 dB) and at 120-250 Hz.

The negative impact of noise on terrestrial animals can be detected already at the level of 40 dB, while not only the intensity of sounds, but also the frequency of the wave is important. The consequences of changes in the behavior and physiology of animals in response to noise pollution are a decrease in reproductive potential, an increase in mortality, and increased migration [2]. Noise pollution causes increased stress levels, reduced immune resistance and vocal sac coloration aberrations in male tree frogs. Among terrestrial vertebrates, the Amphibians class is the most sensitive to vibrations, since communication is important for the survival of their populations and the reproduction of amphibians. Under the influence of vibration pollution, there is a significant decrease in the frequency of sound signals in males of *Alytes obstetricans*, which reduces the reproductive potential of frogs. Among representatives of the Reptile class, crocodiles are the most sensitive to the effects of low-frequency vibration pollution.

In turn, vibration and noise pollution changes the species composition of plants that depend on noise-affected animals for pollination and the spread of plant seeds. The disappearance of even one species due to the impact of vibrational pollution will have cascading consequences for the entire ecosystem.

One of the most effective measures to combat noise in cities is landscaping. Trees planted close to each other, surrounded by thick bushes, significantly reduce the level of man-made noise and improve the ecological condition of the environment. Maple, poplar, and linden plantations absorb from 10 to 20 dB of sound signals [3].

#### References

1. Diprose M.F., Benson F.A., Willis A.J. The effect of externally applied electrostatic fields, microwave radiation and electric currents on plants and other organisms, with special reference to weed control. *Bot. Rev.*, 1984, V.50, pp.171-223. <https://doi.org/10.1007/BF0286109>
2. Kinf Mesfin, Abdrie Seid Hasen, Mohamed Birhanu. Determination of Noise Pollution Level in Dire-Dawa City, Ethiopia // *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, Juniper Publishers Inc., 2018. – V. 8(2), – P. 61-65. DOI: 10.19080/IJESNR.2018.08.555733
3. Swaddle J.P., Francis C.D., Barber J.R., Cooper C.B., Kyba C.C.M., Dominoni D.M., Shannon G., Aschehoug E., Goodwin S.E., Kawahara A.Y. A framework to assess evolutionary responses to anthropogenic light and sound // *Trends Ecol. Evol.*, 2015. – V. 30. – P. 550-560.
4. Yongyan Sun, Xiaomei Huang, Yahong Wang, Zhenhua Shi, Yanyan Liao, Peng Cai. Lipidomic alteration and stress-defense mechanism of soil nematode *Caenorhabditis elegans* in response to extremely low-frequency electromagnetic field exposure // *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2019, V. 170, P. 611-619. <https://cutt.ly/rMnrRGD>



УДК 591.524:621.311

*Marharyta Radomska – PhD, Associate Professor  
National Aviation University,  
Kyiv, Ukraine*

## **THE INTERACTION BETWEEN URBAN AVIFAUNA AND RENEWABLE ENERGY GENERATION FACILITIES**

Urban ecosystem represents a combination of residual and transformed natural objects, but primarily artificial systems, created to provide human needs. As such it doesn't take into account the needs of other biological species due to completely different intrinsic properties, representing completely new habitat. However, it is still chosen by certain representatives of fauna as their living area, in which they find specific ecological niches.

The peculiarities of urban areas as habitats for mezo- and macrofauna include:

- abundance of artificial structures, which may imitate natural objects (e.g. buildings could be perceived as rocks, and transmission tower are used as tall trees)
- lack of natural ability of systems self-management and self-sustaining means that habitability of urban areas for both humans and animals is mostly defined by activities undertaken by humans for green and blue infrastructure maintenance; however, the habitability may involve opposite conditions necessary for animals and humans;
- high degree of fragmentation opposite to natural systems homogeneity – due to intrusion and introduction of artificial and technogenic elements into natural system, as well as shrinking of natural areas due to construction of new buildings and facilities;
- high number of introduced alien and exotic organisms due to intentional and accidental introduction may impose additional pressure on thriving of wildlife at urban areas;
- modified energy and matter cycling, which is mostly displayed in the generation of waste and lack of natural produced living biomass and plant litter, constantly removed from the area – this affects animals ecological niche in terms of food base they are exploiting, since they are often forced to use waste as nutrition source.

Even under such conditions urban zoocenosis is formed and thrive in urban/suburban environments or around densely populated human settlements. Its structure can be quite diverse, even though urban areas tend to decrease the overall biodiversity of species within the city, still most cities retain the flora and fauna characteristic of their geographic area. However, some urban species are cosmopolites and can be found in any city of the world, like house sparrows, rock doves and feral populations of domestic species.

Even though urban zoocenosis encompasses all fauna at such territories, in practice the biggest share of urban animals is formed by birds, able to sustain viable populations and quite diverse communities. They normally utilize human habitat most efficiently despite the fact that they are sensitive to environment pollution both chemical and physical.

Over the last 20 years the territory of modern cities moving towards the sustainability principles have become a ground for implementation of renewable energy

generations stations. This trend is in line with the idea of less centralized power supply and growing introduction of distributed energy systems.

The concept of green energy for urban areas is mostly concentrated on the rooftop photovoltaic systems and individual wind power installations. Being a perspective field for innovations, the renewable power generation facilities are expected to expand their coverage in cities. This raises questions about the possible consequences for urban fauna, in particular birds.

The diversity of bird species in cities can be quite different, but with the availability of green spaces, potential nutrition base, sources of warmth in winter and protection from predators, cities are able to attract quite a wide assortment of species. For example, there are 114 species of birds, spotted in Kyiv, with about 86 nesting species. Total nesting density of birds in Kyiv is 1246.1 pairs/km<sup>2</sup> [1]. However, the majority of the total bird biomass is usually made by a few most common species. In case of Kyiv this is House sparrow (*Passer domesticus* L.), Great tit (*Parus major* L.), Common swift (*Apus apus* L.) and Common swift (*Apus apus* L.). These species are commonly referred to as synanthropic, so they are well adapted to general conditions of cities and are known to be users of many artificial structures for their needs. But there are growing concerns about their interaction with such new elements of the urban cityscape as solar panels and wind mills.

The general idea is that rooftop installations are ideal solution for cities, because they do not occupy valuable and limited habitat of urban birds, but rather creates new opportunities at the previously useless spaces. The possible interactions between birds and solar panels include the following:

- birds that may try to get under the panels in search for shelter and protection;
- birds take advantage of the increased temperature around the panels due to heating of their surfaces in winter and during the breeding season;
- birds are attracted to the reflective surfaces of solar panels, which often look like moving water when flying above, and try to dive into the "water," hurting or killing themselves, – this is a typical problem for water birds.

The other form of solar energy, concentrated solar power installations is too dangerous for birds: they use mirrors to concentrate solar rays onto a receiver to turn the solar energy into heat and birds, attracted to them by light beam, die from heat.

In 2016, a first-of-its-kind study estimated that the hundreds of utility-scale solar farms around the US may kill nearly 140,000 birds annually [2]. That's less than one-tenth of one percent of the estimated number of birds killed by fossil-fuel power plants (through collisions, electrocution, and poisoning), but the researchers expected that number to nearly triple as planned solar farms come online.

From the other side, panels could be damaged by bird strikes and their functioning could be violated if the nests and other residuals from birds activity is accumulated under the panels, reducing the airflow needed to prevent solar panels from overheating. These residuals may also be flushed by rainwaters into the gutters and flow down the house, causing blockage and distributing unpleasant smell. Additionally, the presence of nesting materials, leaves, and debris can pose a fire hazard.

So, there is a clear need to develop a complex of actions for the bird-proffing of the existing and new solar panel installations, in particular, use of wire mesh at solar panels' edges prevents nesting. There also options aimed at deterring birds: roof spikes, plastic predators. It is also worth trying to grow native plant species around the solar panel

installation to benefit birds and distract them from panels. another important issue is to ensure solar panels remain as clean as possible to keep birds away.

*Література*

1. Шупова Т.В., Конякін С.М. (2020). Формування угруповань гніздових птахів парків Києва за градієнтом антропогенного тиску в умовах мегаполісу. Збірник наукових праць Азово-Чорноморської орнітологічної станції, 23, 41-59
2. Leroy J. Walston, Katherine E. Rollins, Kirk E. LaGory, Karen P. Smith, Stephanie A. Meyers (2016). A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States. *Renewable Energy*, 92, 405-414.

УДК 332.37:631.4

*Mykola Prykhodko – doctor of geogr.sc., prof.;*  
*Kaneryna Baraban – postgraduate*  
*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,*  
*Ivano-Frankivsk, Ukraine*

## **ANALYSIS OF FOREIGN EXPERIENCE ON BIORECLAMATION OF DISTURBED LANDS AND SPOIL HEAPS**

In view of today's situation in Ukraine and the world a task has arisen to provide human life with energy resources and, accordingly, to develop coal mining industry as a component of power plant work and to reduce negative consequences resulting from the impact of coal enterprise work on the environment. The problem of reclamation (restoration) of disturbed lands and spoil heaps is one of the most urgent.

The purpose of reclamation is to restore the productivity of the territories disturbed by the coal industry and to enable them to be used in economic activities in the future, which involves carrying out a complex of engineering, mining and technical, ameliorative, agricultural and forestry works. Reclamation of coal mine spoil heaps includes three stages - preparatory, technical and biological [1].

In the Ukrainian technical literature bioreclamation is understood as a complex of organizational, biotechnical, biological and other measures aimed at restoring the productivity and economic value of lands disturbed by industry, as well as improving environmental conditions according to the interests of society [2].

In the scientific literature of the USA and Canada in the field of reclamation of anthropogenically disturbed lands there is a notion of "Reclamation" which means biological restoration when the land surface is restored through creation of the conditions favorable for existence of the organisms that lived on this territory before the start of works, or organisms of a close species composition [3].

Taking into account the emerging problems, reclamation began to be approached in complex considering restoration measures not only from the point of view of reproducing the primary fertility of disturbed lands but also as purposeful creation of cultural landscapes in the location sights of spoil heaps. Thus, the problem of reclamation received five directions: agricultural, water, forestry, sanitary and hygienic, and construction. They differed in the purpose, approach peculiarities and solutions but retained a single idea of the object of reclamation as an integral natural territorial complex [4].

In the interests of environmental safety and transition to sustainable development a number of industrially developed countries of the world have begun to adopt laws and programs aimed at protecting and restoring the environment from the consequences of mineral extraction. The choice of the direction of reclamation in each country is made for each case separately based on the complex of natural and economic factors [5]. At the initial stages of development reclamation was carried out mainly for landscaping purposes.

The mining industry in the USA is located almost all over the territory, so the direction of biological land reclamation is chosen according to the properties of the soil

and the climatic conditions. For instance, in the Eastern states forest reclamation prevails, in the West of the country the disturbed land is used for pasture and in the Midwest for the cultivation of agricultural crops. The best species for afforestation of the disturbed areas were as follows: white acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.), common pine (*Pinus sylvestris* L.), virgin juniper (*Juniperus virginiana* L.) [6]. On mine dumps, which are formed as a result of mineral extraction, pastures are also created, orchards are grown and vineyards are created. In the state of Kansas about 80% of all pastures are located on reclaimed mine dumps. In the states of Pennsylvania, Ohio and Indiana parks are created on reclaimed dumps [7].

In Germany, on the territory of the Rhine and Ruhr coal basins, until 1920 spoil dumps were afforested only with white acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) and black alder (*Alnus glutinosa* (L) Gaertn.). Since 1928 the afforestation of disturbed lands and spoil heaps has been carried out with other deciduous and coniferous tree species, in particular with common oak (*Quercus robur* L.), northern oak (*Quercus borealis* L.), European larch (*Larix decidua* Mill.). The reclamation was based on a landscape and ecological approach with the development of perspective plans for the further development of the territories [8]. In Germany special attention is paid to the agricultural direction of reclamation of the disturbed lands since there is a large shortage of agricultural land. Rye (*Secale cereale* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.), rapeseed (*Brassica napus* L.), lupine (*Lupinus*) and others are grown on waste dumps from lignite mining [9]. It is in Germany, on the territory of the oldest coal-mining region on the planet, the Rhine Basin, where a new complex direction of reclamation is being formed the task of which is to restore aesthetically attractive objects with high water protection potential. This direction is called "the recreational reclamation". It is proposed to reclaim and landscape spoil dumps to be used as part of the natural landscape [10].

In England the work on afforestation of spoil heaps began in 1903. In the country where high population density prevailed, preference was given to agricultural reclamation and the use of spoil dumps for urban and recreational buildings. About 20 species of coniferous and deciduous species were used for afforestation of coal industry dumps, among which the most common were white acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), hanging birch (*Betula pendula* Roth.), downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.), common oak (*Quercus robur* L.) and mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.). Since the beginning of the 20<sup>th</sup> century England has preferred the most convenient and least expensive methods of phytomelioration which is the creation of forest plantations for different target use [11].

Poland has acquired great experience in the reclamation of lands disturbed by lignite mining. Lands disturbed by mining activities are used mainly for afforestation. In places with poor soils pine (*Pinus sylvestris*), silver birch (*Betula pendula*), black alder (*Alnus glutinosa*) and oak (*Quercus petraea*) take root well; in places with more fertile soils these are European larch (*Larix decidua*), English oak (*Quercus robur*) and sycamore (*Acer pseudoplatanus*). Bioreclamation by planting undemanding tree and shrub species is usually preferred. It is recommended to plant shrubs on the mining dumps in the upper parts of the slopes; in the middle parts - tree species undemanding to soil conditions and changes in microclimatic conditions; at the foot of the slopes - woody species characterized by rapid growth of the root and aerial parts. In Poland considerable attention is paid to the reclamation of land for recreational purposes, such as the cultural

and recreation park in Chozów with the area of 640 hectares created on coal mining dumps [12].

The Czech Republic also has a significant amount of disturbed land due to the coal mining industry. Reclamation works began in 1956-1960 after the adoption of laws on nature protection. In the Ostrava-Karvin basin forest reclamation of spoil dumps was carried out on the area of more than 300 hectares. Common ash, white maple (pseudo-sycamore) and red oak were found to be the most suitable for bioreclamation for this basin [13].

Significant complex bioreclamation measures are also carried out on the territory of Italy and France. Agricultural phytoamelioration of the disturbed lands of these countries was carried out by sowing annual and perennial grasses, alfalfa in particular. Forestry phytoamelioration was performed by creating crops from common oak (*Quercus robur L.*), Austrian oak (*Quercus cerris L.*) and European olive (*Olea europaea L.*) [14].

In Turkey the lands disturbed by mineral extraction are usually used for afforestation. On the used lignite mine of Ağaçlı the following trees have taken root well: common robinia (*Robinia pseudoacacia*), Italian pine (*Pinus pinea*), black pine (*Pinus nigra*), cedar (*Cedrus sp.*), horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*), the highest ailant (*Ailanthus altissima*), oak (*Quercus sp.*), maple (*Acer sp.*) and others [15].

In the developed countries much attention is paid to the possibility of using energy crops for biological reclamation of plants, such as miscanthus, poplar, willow, paulownia and others because these plants are unpretentious to climatic conditions and can grow on polluted or depleted soils, for example, on mining dumps. In order to reduce the negative impact of spoil heaps on the environment in the area of their location, projects on their non-traditional application are being developed aimed at using the surface of spoil heaps for placing social infrastructure objects and various types of industrial and economic activities on it [16].

As foreign experience shows it is not possible to completely solve the problem and protect the biosphere from harmful effects by means of bioreclamation of disturbed lands and spoil heaps arising as a result of the coal mining industry. The ecological condition of the environment in mining areas remains tense, the accumulation of solid mining waste continues, a large amount of toxic substances continues to be dispersed into the air, discharged with wastewater and concentrated in coal mine dumps. Therefore, further research is needed on the development of new bioreclamation methods and improvement (optimization) of the existing ones.

#### References

1. Panas R.M. Rekuityvatsiia zemel: Navchalnyi posibnyk / R.M. Panas. – Vyd., 2-he stereotypn. – Lviv: Novyi Svit – 2007. – 224 s.
2. Kucheriavyi V.P. Rekuityvatsiia ta fitomelioratsiia / V.P. Kucheriavyi, Ya.V. Henyk, A.P. Dyda, M.M. Kolodko – Lviv : Svit, 2006. – 116 s.
3. Kaźmierczak, U., Ptak, M. & Podolski, R. (2017). Reclamation of post mining areas. REMIX lenterreg Europe. European Regional Development Fund.
4. Kucheriavyi V.P. Rekuityvatsiia ta fitomelioratsiia / V.P. Kucheriavyi, Ya.V. Henyk, A.P. Dyda, M.M. Kolodko – Lviv : Svit, 2006. – 116 s.
5. Citizen's guide to coal mining and reclamation in Indiana (2007). Indiana Department of Natural Resources: Division of reclamation, 38.

6. Burger, J. A. (2011). Sustainable mined land reclamation in the eastern US coalfields: A case for an ecosystem reclamation approach. In Proceedings of the National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation, Bismark, ND, USA, 15, 113-141.
7. Skousen, J. & Zipper, C. E. (2014). Post-mining policies and practices in the Eastern USA coal region. *International Journal of Coal Science & Technology*, 1(2), 135–151.
8. Hildmann, C. & Schlenstedt, J. (2019). Biodiversität: Arten und Lebensräume in den Bergbaufolgelandschaften des ostdeutschen Braunkohlenbergbaus. In: *Rekultivierung und Revitalisierung der Bergbaufolgelandschaften in Polen und Deutschland: Planungs, Natur und Kulturvoraussetzungen*, 99-110.
9. Krümmelbein, J., Bens, O., Raab, T., & Anne Naeth, M. (2012). A history of lignite coal mining and reclamation practices in Lusatia, eastern Germany. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(1), 53-66.
10. Bainton, N. & Holcombe, S. (2018). Critical review of the social aspects of mine closure. *Resources Policy* 59: 468-478. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.08.020>.
11. Legwaila, I. A., Lange, E., & Cripps, J. (2015). Quarry reclamation in England: a review of techniques. *Jasmr*, 4(2), 55-79.
12. Pietrzyk-Sokulska, E., Uberman, R., & Kulczycka, J. (2015). The impact of mining on the environment in Poland—myths and reality. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 31(1), 45-63.
13. Sokol F., Vavrik K. Vznik a asanace svahovych sesusou v Hrubem Jeseniku. *Ochrana prirody*. 1971. 26. S. 84-86.
14. Semenova T. V. Некоторые аспекты зарубежного опыта решения проблем загрязнённых земель. *Vestnyk Udmurtskoho Unyversyteta. Seriya «Byolohyia. Nauky o Zemle»*. 2012. 2. 136-141.
15. Ender, M., Beyza, S. G., & Meric, K. (2011). Natural plant revegetation on reclaimed coal mine landscapes in Agacli-Istanbul. *African Journal of Biotechnology*, 10(16), 3248–3259.
16. Shkvirko, O., Tymchuk, I., Holets, N. & Malovanyy, M. (2019). Overview: The prospect of the use of energy crops for biological reclamation of disturbed lands. *Environmental Problems*, 4(2), 91-96

## **ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА – ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

---

УДК 339.9

*Valeria Gruzdova – applicant for higher education (master's degree);  
Yuvita Koloshko – Lecturer  
National University of Civil Defence of Ukraine,  
Kharkiv. Ukraine*

### **FEATURES OF THE EUROPEAN GREEN DEAL AND ITS IMPLEMENTATION IN UKRAINE**

The European Green Deal defines the EU policy for the coming years in such areas such as climate, energy, biodiversity, industrial policy, trade, etc.

In 2019, at the «Fridays For Future» strike, schoolchildren and pensioners, employed and unemployed demanded from the authorities "not to burn their future" and to act to protect the climate. 185 countries, 7.6 million people joined the strike. And they were heard.

As of the end of 2020, 127 countries, responsible for approximately 63 % of emissions, are considering or have adopted climate neutrality targets by 2060 at the latest. At the end of March 2021, Ukraine set the goal of achieving climate neutrality by 2060.

The European Union has also announced plans to become climate neutral by 2050. The goal began to be considered after the climate strikes that took place in 2019. In December 2019, the European Commission presented its vision for the development of the European continent – the «European Green Course».

The European Green Deal (EGD) is a package of systemic political solutions for the transition of the European continent to climate neutrality by 2050 and the development of a fair and prosperous society. Although the EPC is not a law, it is the first step towards enshrining at the legislative level efficient consumption of resources, greening of investments, reduction of greenhouse gas emissions and fair transformation for sustainable development and preservation of the environment [1].

Ukraine is also a part of the European continent, accordingly the ambitions of the European Green Course are also extended to it. The European Green Course itself contains only 24 pages and is not exhaustive. However, it is supplemented by Strategies for key areas of development.

Agricultural products, such as sunflower or chicken, can absorb certain harmful substances during cultivation. Also, the method of farming harms the environment: it pollutes land and water, destroys forests to increase arable land, and kills living creatures with insecticides. Some farmers add antibiotics to feed to boost animal growth and



prevent the spread of epidemics. People who consume products from such farms become less or completely insensitive to antibiotics.

People should have free access to healthy food, and its production should not harm the environment. Therefore, the «Farm to Fork» Strategy is aimed at reducing the use of pesticides by 50 % and fertilizers by 20 %, while maintaining soil fertility at the same level. At the same time, the amount of harvested products per hectare should not decrease.

Also, in order to reduce the level of resistance of pathogenic bacteria to antibiotics, it is planned to reduce the volume of sales of antibiotics to farms and aquaculture farms by 50%. In addition, the strategy encourages the development of environmentally friendly farming – organic farming. 25 % of agricultural land should be used for organic farming. All strategy goals must be achieved by 2030.

In the European Union, the production and burning of fossil fuels is responsible for 75 % of greenhouse gas emissions, including energy production and consumption, the transport sector, and others. That is why, in order to achieve climate neutrality by 2050, the Strategy envisages a gradual but complete abandonment of the use of coal in energy. Some EU countries set more ambitious dates: France – by 2022, Slovakia – by 2023, Italy – by 2025, Greece – by 2028. In order not to leave the entire European continent without electricity, the Strategy prioritizes the development of energy efficiency and renewable energy sources. Constant mobility. The transport sector in the European Union is responsible for about a quarter of all greenhouse gas emissions (as of 2018) and has one of the largest reduction potentials – up to 90 %. Digitalization of movement will help to better manage traffic and reduce energy consumption. In order to reduce greenhouse gas emissions, it is suggested to abandon traveling up to 500 km by plane, and use land or water transport instead. The strategy also recommends transferring freight transportation from roads to rail and water transport. 75% of cargo should be transported by rail. And in order to stimulate the transition, it is necessary to introduce a system of payment for movement taking into account the climate footprint, introduce appropriate taxes and conduct education. The European Commission proposes to declare 2021 the year of the railway in order to popularize it.

Reducing air pollution is another goal of the Strategy. For this, the requirements for emissions from vehicles will be increased and appropriate taxes will be introduced. In the Strategy, a big bet is placed on the development and increase of the share of electric transport and the development of a network of gas stations.

Public transport is hardly mentioned in the Strategy, although it is one of the most sustainable means of transportation (after bicycles, scooters, etc.). The more people who travel by trolleybus or tram, the less traffic jams and the less harmful emissions into the air, not to mention the reduction of energy consumption per transported person. Therefore, for Ukraine, the development of public electric transport in parallel with the transition to RES is a reliable way to reduce emissions in this sector. Half of total greenhouse gas emissions and more than 90 % of biodiversity loss and water scarcity are related to resource extraction and processing. Therefore, the strategy recommends developing the economy in the direction of climate neutrality and resource efficiency, while maintaining competitiveness [1].

In order to preserve the resources of the EU, it is necessary to switch to a model of regenerative growth. This means not using more than the planet provides in real time, reducing resource consumption and doubling the reuse of materials in the next decade.

The problem of environmental pollution is often transferred to a person who buys a product, and after use throws it away, its residues or even the packaging

The strategy recommends reorienting production and offering consumers products without packaging or with the option of purchasing them in their own containers. Electronics, on the other hand, should be produced with the expectation of long-term use with an easy possibility of repair and upgrade, as well as recycling. Clothes should also be of higher quality and suitable for recycling. More than half of the world's GDP, which is estimated at 40 trillion euros, depends on it. Therefore, the economy of states directly depends on the preservation of the environment. Moreover, for agrarian countries such as Ukraine, it is the key to survival.

The loss of biodiversity threatens humanity with a decrease in the amount of plant and animal food, water, and medicine. Medicines, not in the sense of phytochaim for weight loss, but full-fledged medicines, such as medicines based on the Hila peptide from spider venom, which restrain the necrosis of neurons in the brain after a stroke.

In order to preserve biodiversity, the Strategy primarily recommends increasing the area of nature reserves to 30 % of the lands and seas in the EU, as well as planting 3 billion trees by 2030. In terms of organic farming and reducing the use of pesticides, the recommendations of the Biodiversity Strategy fully coincide with the Farm to Fork strategy, which we talked about first.

Also among the recommendations of the Strategy is the restoration of the free flow of at least 25,000 km of rivers in the EU and the annual attraction of 20 billion euros of investments in the preservation and restoration of biodiversity.

The aforementioned strategies are indeed powerful, but they need appropriate legislative reinforcement and financial incentive. This law should provide the first. It is designed to transform politicians' promises into duties. The law will establish a 2050 climate neutrality goal and provide a path to achieving it. This will give European citizens and businesses the predictability, transparency and accountability they need for collective transformation.

An additional condition for meeting the goal of reducing emissions is the competitiveness of the economy and efficient consumption of resources, as well as the development of a fair and prosperous society. The climate is changing and some changes have already become inevitable, so it is necessary to adapt to them. The updated Strategy recommends adapting smarter, faster and more systematically.

Adaptation to climate change is an integral part of the European Green Deal and is enshrined in the proposed European Climate Law. In order for the European Union to adapt to the consequences of climate change by 2050, the Strategy recommends raising awareness of the impact of climate and adaptation solutions on the well-being of the population; carefully assess climate risks; accelerate adaptation in the EU and help increase resilience to climate change worldwide. The European Commission will finalize the strategy itself in June 2021. The European Union has a developed industry, which has set the trends in production and consumption for years. At the beginning of 2020, it provided 35 million jobs in the EU. The strategy recommends further development of this sector in the direction of the single market and digitalization. Only by joint efforts can

work be established in the most effective way. The strategy involves the creation of new, more ecological products, services and business models. Further development should be based on two principles: preservation of competitiveness and transition to climate neutrality by 2050.

The most effective in reducing emissions in the industrial sector are the transition to clean energy consumption, energy and resource efficiency. This is where RES and digitalization will come in handy. RES will provide the sector with clean energy, and digitalization will provide efficient processes in production and logistics.

The more new goods are produced, the more energy, resources and greenhouse gases will be consumed. The strategy recommends developing not production, but services for renting or joint ownership of any property [1].

The Strategy also recommends launching the Fair Transformation Platform, where experts will advise and provide technical support for the most carbon-intensive regions and areas of industry. Separately, the European Commission will support new "green" steel manufacturing technologies that will help make this process carbon neutral.

For a just transition, the EU is also creating a separate mechanism that ensures a transition that leaves no one behind. Support is aimed at regions with the highest levels of greenhouse gas emissions or with the largest number of fossil fuel workers. Plans for a just transition until 2030 will be developed. They will include ways to best address social, economic and environmental challenges and identify areas that will receive the most support.

In addition to the seven strategies mentioned above, the European Commission is developing several more strategies: Elimination of pollution, Construction and Renewal, Sustainable Agriculture. They complement all those goals and mechanisms that we have already mentioned in the description of the remaining strategies.

Implementation of the European Green Course is a challenge of varying magnitude depending on the country and city. Norway's capital Oslo and Poland's mining town of Katowice must expend varying amounts of local political nerve and money to become equally sustainable, climate-neutral and prosperous by 2050. Therefore, the Green Deal is localized (Green Deal Going Local). This does not mean that the Green Course will be for everyone. This initiative will spread information about the successful implementation and implementation of EWC strategies, and help overcome the challenges that regions face in this process.

The climate ambitions of the European Union alone are not enough to overcome the climate crisis. All the countries of the world should join this cause. Ukraine declared its support for the Green Course, so it should move in the same direction as the EU. However, statements and actions are different in our government, so each of us can direct the work of the Government.

#### *List of references*

1. Європейський зелений курс <https://ecoaction.org.ua/eu-green-deal.html>

УДК 621.311

*Юлія Постол – к.т.н., доцент;  
Вадим Гулевський – к.т.н., доцент  
Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Д. Моторного,  
м. Мелітополь, Україна*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ**

Одним із найбільш ефективних методів скорочення енергоспоживання є застосування теплонасосних установок (ТНУ) для утилізації теплоти вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР). Багаторічні дослідження, а також чисельний досвід експлуатації таких установок показали доцільність їх використання як ефективне та економічне енергетичне обладнання.

Принцип роботи теплового насоса полягає у перетворенні теплової енергії низького температурного рівня на теплову енергію вищого потенціалу, необхідного споживачеві.

Найбільше поширення отримав компресійний тепловий насос, що включає випарник, в якому низькопотенційні джерела, компресор, що здійснює стиснення отриманої пари з підвищення його температури і конденсатор, в якому вивільняється теплота більш високого потенціалу [1,2].

Оскільки на привод компресора витрачається електрична енергія, ефективність застосування теплового насоса характеризує відношення корисного тепла, знятого в конденсатор, до роботи, витраченої на стиск. Це ставлення називають коефіцієнтом перетворення, і для парокомпресійних ТНУ він становить 3 і більше.

Іншим, не менш важливим фактором, що визначає доцільність використання ТНУ, є наявність джерела низькопотенційного тепла з більш менш високою температурою. На численних промислових та енергетичних підприємствах значна кількість середньо- та низькопотенційної теплоти скидається з димовими газами котлів, потоками відпрацьованих у технологічних процесах води та водяної пари, шахтними водами, вентиляційними викидами, побутовими стоками та може бути утилізовано за допомогою ТНУ.

Основною сферою застосування теплонасосних установок є використання їх як альтернативне джерело тепlopостачання. Традиційні системи тепlopостачання мають безліч недоліків, серед яких їх низька енергетична та економічна ефективність. І насамперед це пов'язано з наявністю протяжних теплотрас, що вимагають значних капітальних вкладень, необхідних для їх обслуговування та ремонту, а також з великими тепловими втратами, у тому числі і в результаті витоків теплоносія. Крім того, у централізованих системах тепlopостачання велику питому вагу мають витрати на транспорт і розподіл тепла. Тепlopостачання із застосуванням ТНУ дозволить наблизити теплові потужності до місць споживання та тим самим зменшити довжину теплових мереж [3].

Теплонасосні установки знайшли широке застосування там. Якщо 1980 р. США працювало близько 3 млн. ТНУ, у Японії 0.5 млн., у Європі 0.15 млн., а 1993 р.

загальна кількість працюючих ТНУ у розвинених країнах перевищила 12 млн., то нині у світі працює близько 20 млн. теплових насосів різної потужності. Згідно з прогнозами Світового енергетичного комітету (WEC), до 2025 року 75% тепlopостачання (комунального та виробничого) у розвинених країнах здійснюватиметься за допомогою теплових насосів.

Незважаючи на ті обставини, що собівартість тепла, що виробляється ТН, порівняно з традиційним тепlopостачанням нижче в 1,5-2 рази, а термін окупності більшості ТНУ не перевищує двох років, масового виробництва та застосування ТНУ поки що не спостерігається. Впровадження таких установок зводиться до появи одиничних ТНУ, які переважно використовують як низькопотенційне джерело теплоти воду з температурою 4-40 °С при максимальній температурі теплоносія в робочому циклі 55- 70 °С [4].

Прикладом такої ТНУ може бути парокомпресійна установка, яка використовує скидне тепло вторинних енергоресурсів металургійних агрегатів. Джерелом низькопотенційного тепла є вода з температурою 30 °С існуючої на заводі прямоточної системи охолодження печей.

Система тепlopостачання складається з теплового насоса тепловою потужністю 3 МВт із гвинтовим компресором, укомплектованого всім необхідним обладнанням; баків-акумуляторів теплової енергії для систем опалення та гарячого водопостачання; блоку регулювання, що включає систему захисту теплового насоса та автоматизації теплового режиму тепlopостачання; системи водоводів, теплових мереж та ін.

Використання ТНУ є доцільним у теплофікаційних системах тепlopостачання для збільшення електричного ККД ТЕЦ з урахуванням сезонної зміни теплового навантаження. Принципова схема використання ТНУ як мережного підігрівача нижнього ступеня представлена на рисунку 1.

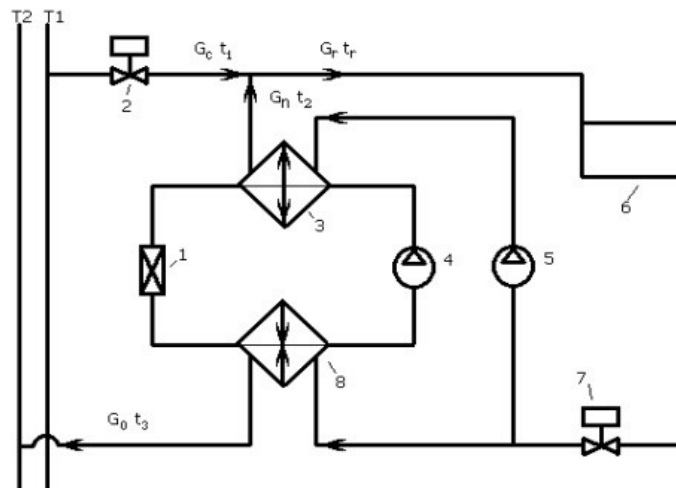


Рис. 1 – Принципова схема використання ТНУ як мережного підігрівача

ТНУ складається з конденсатора 1, компресора 2, випарника 3 і дроселя 5. Водяна пара, що відпрацювала в турбіні 4, надходить у випарник 3, де тепло конденсації пари сприймається робочим тілом теплового насоса. Потужність електродвигуна компресора 2 перетворюється в тепло, яке передається в

конденсаторі 1 мережній воді, що нагрівається разом з теплом відводиться в випарники при конденсації водяної пари. Мережевий підігрівач верхнього 6 ступеня, піковий водогрійний котел 7, тепловий споживач 8 і мережевий насос 9 є стандартними елементами теплофікаційної системи тепlopостачання [5].

Проведений енергетичний аналіз показав, що для робочого тіла R142 з температурою випаровування  $T_{и}=298\text{K}$ , температурою конденсації  $T_{к}=278\text{K}$  та коефіцієнтом, що враховує ступінь досконалості термодинамічного циклу ТН,  $\eta=0,8$  коефіцієнт перетворення  $\phi$  становить 3,78.

Тепловий насос може працювати спільно з бінарною термодинамічною системою, що є газотурбінною установкою, надбудованою паросиловою частиною. Оскільки цикл теплового насоса менш ефективний, ніж цикл Карно, і в теплових насосах неминучі втрати внаслідок незворотності процесів в окремих елементах, практично досяжні значення коефіцієнта перетворення дещо менші за розрахункові. Проте в реальних теплових насосах його значення досягає 3-5 і вище, що свідчить на користь таких систем.

За допомогою ТНУ можна підвищити ефективність діючих систем централізованого тепlopостачання, знизивши питомі витрати мережної води на одиницю приєднаного навантаження. У цьому випадку ТНУ підключається до зворотних трубопроводів. На рис. 2 наведено схему приєднання теплоспоживчих систем до теплової мережі з установкою змішувального насоса та ТНУ на перемичці для підмішування охолодженої води.

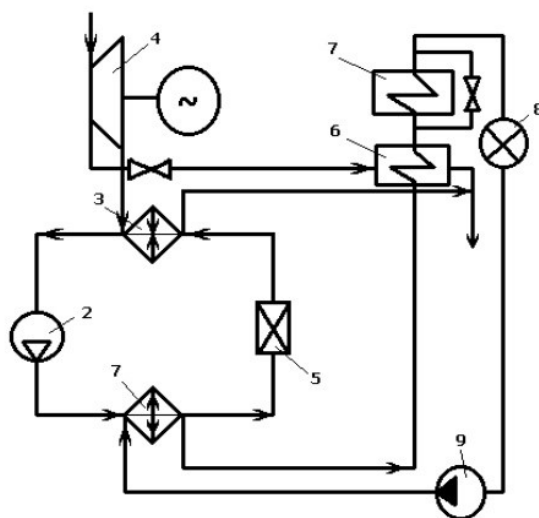


Рис. 2 – Теплова схема приєднання теплоспоживчих систем до теплової мережі з установкою змішувального насоса та ТНУ

Тепловий насос реалізований за класичною схемою. Джерелом низькопотенційного тепла, що відводиться у випарнику 8, є мережна вода, що охолоджується. Отриманий пар стискається в компресорі 4, в якому відбувається перетворення потужності електродвигуна в тепло, яке потім в конденсаторі 3 передається мережній воді, що нагрівається. Змішувальний насос 5 використовується замість елеватора. Для підтримки заданих параметрів теплоносія, що надходить до системи опалення, встановлені регулятори температури 2 та

витрати 7 (1 – дросель, 6 – опалювальний прилад) [6].

З урахуванням того, що коефіцієнт перетворення парокompресійного теплового насоса приймається більше ніж 3, проведений розрахунок показав, що витрата мережної води скоротиться в 1,47 рази.

При використанні ТНУ спільно з конденсаційними електростанціями (КЕС) відбувається утилізація теплоти пари КЕС, що відпрацювала. Мінімальний коефіцієнт перетворення такої системи становить 4,6.

Як приклад наведено установку для спільної роботи КЕС та теплового насоса, призначеного для регенеративного підігріву поживної води (рис. 3).

Джерелом низькопотенційної теплоти ТН є пар, що відпрацював у турбіні, теплота конденсації якого не викидається в навколишнє середовище, як у звичайній схемі, а використовується для підігріву поживної води. У схемі на рисунку потужність електродвигуна компресора 1 перетворюється в тепло, яке в конденсаторі 4 передається нагрівається поживній воді разом з теплом, що відводиться у випарнику 2 від відпрацьованого в турбіні пари при його конденсації.

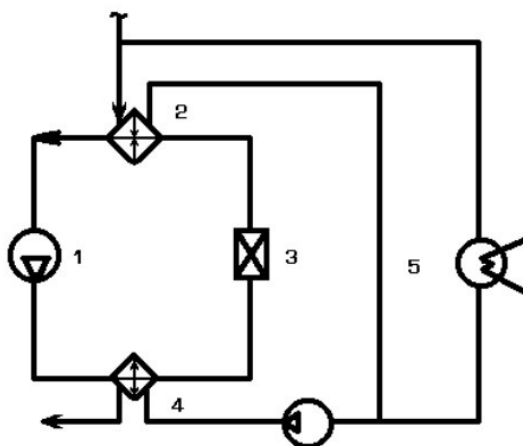


Рис. 3 – Теплова схема установки для спільної роботи КЕС та теплового насоса

Випробування підтвердили економічну доцільність утилізації тепла, що раніше скидалося, і поліпшення екологічної обстановки на прилеглих територіях за рахунок зниження навантаження на промислові котельні.

Завдяки такому конструктивному рішення ексергетичний ККД конденсатора може бути підвищений на 3-6%, і, як наслідок, КД всієї установки збільшиться на 2-4%.

Таким чином, використання теплонасосних установок для утилізації вторинних енергетичних ресурсів є одним із найефективніших методів скорочення енергоспоживання, яке в даний час забезпечується в основному за рахунок спалювання органічного палива в установках різних потужностей та конструкцій. Парокompресійні ТНУ, які реалізують прогресивну енергозберігаючу технологію виробництва теплоти, дозволять підняти на якісно новий рівень системи теплопостачання. Багато закордонних фахівців вважають, що ТНУ у найближчій перспективі займуть основне місце у низькотемпературних системах теплопостачання.

### *Література*

1. Постол Ю.О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С.17-20.
2. Трикоз В. Галавуря М., Постол Ю.О., Стручаєв М.І. Енергоефективність та енергозбереження. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали I Всеукраїнської інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65.
3. Бурцева С.О., Клик А.В., Постол Ю.О. Використання низькопотенційної енергії ґрунтів як спосіб підвищення енергоефективності будівель. Матеріали II Міжнародна наук.-практ. інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 657-661.
4. Бурцева С.О., Постол Ю.О. Ефективність теплових насосів. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 33-34.
5. Пат. 125727, Україна, МПК: F24D 1/00(2006.01). Рекуперативний опалювальний пристрій / Стручаєв М.І., Гричана А.В., Постол Ю.О.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № у 2017 11925; заявл. 05.12.2017; опубл. 25.05.2018. Бюл. №10.
6. Пат. 137123, Україна, МПК (2006): F03D 9/00. Термоповітроенергетична установка утилізації теплих стоків/ Стручаєв М.І., Постол Ю.О., Вороновський І.Б., Лисенко О.В., Зенюхов І.О: заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № у 2019 01695; заявл. 18.02.2019; опубл. 10.10.2019. Бюл. №19/2019.



УДК 339.9:556

*В'ячеслав Македон – д.е.н., професор  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,  
м. Дніпро, Україна*

## **ПРОЯВИ ГЛОБАЛЬНОЇ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТІ ПРИ ПЕРЕХОДІ НА ЗЕЛЕНУ ЕНЕРГЕТИКУ**

Глобальна енергетична індустрія трансформується, оскільки уряди інвестують у технології чистої енергії для вирішення проблеми зміни клімату, підвищення енергетичної безпеки та посилення національної конкурентоспроможності. Зелена промислова політика включає субсидії для виробників і споживачів, правила місцевого вмісту та торговельні бар'єри, серед іншого. Багато з цих інструментів використовувалися у 1980-х роках, коли уряди змагалися за частку ринку інформаційних технологій, автомобілів, літаків, телекомунікацій та електроніки. Сьогодні уряди перемістили свою увагу на енергетичний сектор, намагаючись сприяти зростанню шляхом розробки та комерціалізації чистих енергетичних технологій, одночасно вирішуючи проблеми зміни клімату та енергетичної безпеки. Ключове питання, яке виникає на цьому тлі, полягає в тому, як політика впливає на перехід до чистої енергії. Загалом кажучи, уряди прийняли два взаємопов'язані підходи до просування переходу на чисту енергію. Зусилля згори донизу призвели до того, що національні уряди взяли участь у міжнародних переговорах щодо пом'якшення клімату, наприклад, в рамках Організації Об'єднаних Націй (ООН) або в Європейському Союзі, що призвело до ухвалення політики, яка починає трансформувати їхні енергетичні сектори [6].

Трансформація енергетичного сектору передбачає технологічні, економічні та соціальні зміни в багатьох вимірах. Це форма широкомасштабних структурних економічних змін. Враховуючи розподільчі наслідки політики, політика впливає як на амбіції зусиль щодо чистої енергії, так і на вибір політичних інструментів, які використовуються для сприяння переходу на чисту енергію.

Співвідношення між глобальними та національними зусиллями щодо сприяння переходу на чисту енергію з часом змінилося. У 1997 році Кіотський протокол встановив національні цілі та графіки для промислово розвинених держав щодо скорочення викидів вуглецю відносно базового рівня. Наратив «зверху вниз» зосереджувався на багатосторонніх переговорах щодо пом'якшення клімату на таких форумах, як ООН чи Європейський Союз, і спонукав країни прийняти політику, яка трансформувала їхні енергетичні сектори. Процес надання й перевірки, узгоджений у Паризькій угоді 2015 року, натомість зосереджується на національних зобов'язаннях, які переглядаються та оновлюються кожні п'ять років. Таким чином, угода відображає фактичне визнання пріоритету внутрішньої політики щодо клімату та чистої енергії над міжнародною. Ця перспектива «знизу вгору» припускає, що національні політичні рішення об'єднуються з глобальними зобов'язаннями. Аналітично підхід «знизу вгору» відображає підхід політики відкритої економіки в якому державна політика виникає в результаті угод між внутрішніми групами інтересів. Результати міжнародних угод потім визначаються переговорами між

урядами. Відображаючи це, численні дослідження зміни клімату та чистої енергії зосереджені на внутрішніх процесах формування інтересів та переговорів [3].

Однак, незважаючи на те, що внутрішня політика залишається вирішальною, ми пропонуємо, щоб і уряди, і організовані інтереси вели переговори та реалізовували політику підтримки переходу на чисту енергію в умовах зростаючої глобальної взаємозалежності. Крім того, хоча на рішення, прийняті урядами та компаніями, протягом тривалого часу впливав вибір, зроблений в інших юрисдикціях, ми припускаємо, що глибина та складність незалежності ставить політиків і менеджерів у якісно інше середовище. Розробляючи перспективу взаємозалежності щодо переходів на чисту енергію, ми спираємося на новий підхід взаємозалежності в порівняльній та міжнародній політичній економії. Цей підхід і наша адаптація є новими як з теоретичних, так і з емпіричних причин. Теоретично новий підхід до взаємозалежності розширює ранню роботу над взаємозалежністю шляхом виявлення причинно-наслідкових механізмів, через які взаємозалежність впливає на політичні процеси. У цій статті ми розглядаємо механізми зворотного зв'язку та послідовності. Емпірично ми припускаємо, що «друге розукрупнення» глобального виробництва та торгівлі через зростання GSC змінило економічну взаємозалежність. Це має ключові наслідки для впливу політики за межі національних кордонів, включаючи екстериторіальні наслідки політики та роль субнаціональних суб'єктів у виробленні транснаціональної політики.

Посилення глобальної взаємозалежності впливає на поведінку фірм і уряду через різноманітні механізми, включаючи співпрацю, навчання, імітацію та примус. Дослідження кліматичної політики показують, як взаємозалежність може сприяти новим формам співпраці через транснаціональні механізми управління кліматом. Транснаціональне кліматичне управління стосується співпраці за участю субнаціональних і недержавних суб'єктів, таких як субнаціональні уряди, неурядові організації, національні регуляторні органи, фірми та інші, яка виходить за межі національних кордонів. Співпраця може мати форму обміну інформацією, нарощування потенціалу та встановлення правил для досягнення спільної громадської мети. Внутрішні чинники, такі як рівень добробуту, структура політичних інституцій і позиція місцевих урядів щодо зміни клімату, також впливають на ступінь транснаціонального співробітництва, включно з технологіями чистої енергії.

Перехід до чистої енергії також характеризується конкурентною динамікою. Наприклад, падіння цін на сонячні фотоелектричні (PV) модулі було ключовою ознакою швидкого зниження цін на сонячні системи в усьому світі, і це пов'язано з входом китайських виробників сонячних фотоелектричних модулів, які створили величезні виробничі потужності. Конкурентна динаміка може породити деякі форми транснаціональної співпраці. Встановлення технологічних стандартів шляхом міжурядової та міжфірмової координації в Міжнародній організації стандартизації, наприклад, знижує бар'єри для входу на ринок, одночасно сприяючи збільшенню торгівлі та інвестицій у технології з низьким вмістом вуглецю. Однак динаміка конкуренції може також призвести до постійної стратегічної взаємодії з часом, оскільки уряди та компанії прагнуть забезпечити довготривалу конкурентну перевагу в технологіях, задіяних у переході на чисту енергію [4, с. 125-126].

На динаміку конкуренції також впливають нові форми взаємозалежності. Інноваційні системи, що лежать в основі переходу на чисту енергію, дедалі більше глобалізуються, наприклад, із наслідками для інвестиційних рішень, які приймають як фірми, так і уряди. Екстратериторіальні ефекти політики чистої енергії можуть реорганізувати внутрішні промислові угоди, оскільки фірми та політики стикаються з урядовою політикою та стратегіями фірм з інших юрисдикцій. Масштаби та складність міжнаціональних зв'язків сьогодні значно перевищують ті, що існували, коли уряди та фірми вперше прагнули просувати чисті енергетичні технології після нафтової кризи 1970-х років. Політика, яку впроваджують уряди промислово розвинутих країн, яка створює попит, стимулює фірми в країнах з економікою, що розвивається, виходити на ринок, щоб скористатися можливостями експорту.

Нові форми економічної взаємозалежності зумовлені трансформацією можливостей, доступних для бізнесу для торгівлі та інвестування через кордони. Зміни в організації виробництва екологічно чистих енергетичних технологій, таких як сонячна фотоелектрична установка, вітрова енергія, транспортні засоби наступного покоління та інші низьковуглецеві технології, відображають ряд нових можливостей для компаній (ефект 1). Збільшення діапазону можливостей, доступних для бізнесу, є частиною ширшої трансформації глобальної структури виробництва товарів і послуг. Технологічні інновації, що дозволяють кодифікувати та передавати знання через географічні межі та кордони фірм, і політичні реформи, що зменшують бар'єри для торгівлі та інвестицій, разом уможливили вертикальну дезінтеграцію ланцюгів поставок. Це означає, що більші частки товарів можуть виробляти компанії, що спеціалізуються на конкретних стадіях виробничого процесу. Дані свідчать про те, що на рубежі століть до 30% світового експорту вже припадало на вертикальну спеціалізацію в різних галузях за кордоном [2, с. 2172].

GSC дозволяють компаніям, які беруть участь у переході на чисту енергію, отримувати вигоду від додаткових можливостей в інших місцях, підтримуючи спеціалізацію, підвищення продуктивності та розвиток ефекту масштабу (ефект 1). Компанії, розташовані в країнах, що розвиваються, можуть скористатися можливостями, які нещодавно надає участь у GSC, щоб покращити свій потенціал. Хоча Китай продовжує домінувати, відзначають, що кількість країн, що розвиваються, і країн із середнім рівнем доходу, які інвестують значні інвестиції в сонячну фотоелектричну енергію, енергію вітру та біомасу, помітно зростає. Історично знання легше передавалися між організаціями, розташованими територіально близько. Проте, якщо ми розуміємо близькість як асоціальну, на додаток до вікової, побудови, взаємозалежність, яка збільшує соціальну близькість фірм, як це відбувається через GSC, дозволяє знанням, пов'язаним з інноваціями, розповсюджуватися легше, ніж це сталося б за їх відсутності. Відповідно до цього GSC сприяли поширенню інноваційних можливостей у сонячній фотоелектричній та вітровій галузях [5, с. 327-328].

Здатність фірм отримувати вигоду від участі в GSC для низьковуглецевих технологій може відрізнятись залежно від типу технології. Наприклад, німецькі постачальники отримали більше переваг від національної політики у секторі вітроенергетики, ніж у сонячній фотоелектричній системі. У проектах з виробництва біомаси також продовжують домінувати вітчизняні приватні розробники проектів. Навпаки, китайські виробники сонячної фотоелектричної енергії стали

домінуючими у виробництві модулів у всьому світі, але рівень інновацій у Китаї у вітрових турбінах залишається низьким, а китайські виробники на експортних ринках неконкурентоспроможні. GSC також можуть бути менш важливими в національних мережах електроенергії. Традиційні проблеми, пов'язані з доступом до електромережі, продовжують перешкоджати розвитку відновлюваної енергетики в Китаї, наприклад, незважаючи на успіх країни у створенні виробничих потужностей.

Нова взаємозалежність через GSC має два основні наслідки для сторони попиту при виробленні політики, зокрема: ділові переваги та здатність бізнесу організуватися колективно. По-перше, зміни в глобальній організації виробництва впливають на типи вимог, які організовані інтереси висувають до урядів (ефект 2). Було показано, що політика підтримки переходу на чисту енергію демонструє ефект блокування, оскільки політичні інтереси прагнуть захистити та розширити переваги, які вони отримують від політики підтримки. Така самопідсилювальна динаміка політики вимагає колективних дій у галузях чистої енергетики. Проте зростання GSC може збільшити неоднорідність і кількість фірм у галузі, що може призвести до неоднорідності політичних уподобань бізнесу та підірвати коаліції з чистої енергії. Як наслідок, уряди можуть бути об'єктом численних претензій з боку фірм у галузі, створюючи складні компроміси для політиків [1, с. 60430].

По-друге, промисловість стикається з проблемою координації в організації нових груп інтересів. Наприклад, коли галузеві асоціації не можуть діяти в унісон через розбіжності в політичних уподобаннях їхніх членів, це може призвести до створення спеціальних коаліцій, які об'єднуються навколо сфер спільного інтересу, як це можна побачити в традиційних енергетичних секторах. Безсумнівно, це було явище в останніх торгових справах, пов'язаних із внутрішніми претензіями фірм США та ЄС у сонячній фотоелектричній індустрії, у яких було створено низку спеціальних коаліцій на підтримку різних позицій, які компанії зайняли щодо розслідувань проти демпінгові та антисубсидійні заходи, вжиті владою обох юрисдикцій. Виробники, що належать Китаю, також лобювали в Європі та Сполучених Штатах проти введення торговельних бар'єрів (ефект 3).

Отже покращення нашого розуміння глобальної взаємозалежності в переході на чисту енергію має значення як з економічних, так і з екологічних причин. З економічного погляду нові форми взаємозалежності впливають на здатність фірм отримувати цінність у глобалізованих галузях промисловості. З одного боку, глибина взаємозалежності викликає у перших тих, хто рушить, питання про довговічність будь-якої конкурентної переваги, яку вони можуть забезпечити. Нова взаємозалежність через GSC пропонує додаткову можливість для компаній у країнах, що розвиваються, і в країнах із середнім рівнем доходу вийти на нові глобальні індустрії чистих енергетичних технологій. Уряди цих країн також можуть використовувати вимоги до місцевого вмісту, правила створення спільних підприємств або інші домовленості для сприяння участі GSC та промислової модернізації технологій, пов'язаних із переходом на чисту енергію. Посилення конкурентів із країн, що розвиваються, очевидно, викликає питання перед урядами розвинених промислово розвинутих країн щодо того, чи впливають GSC на їх

здатність впроваджувати політику, яка створює довготривалу конкурентну перевагу для національних галузей промисловості.

#### *Література*

1. Akadiri S.S., Adebayo T.S., Nakorji M. Impacts of globalization and energy consumption on environmental degradation: what is the way forward to achieving environmental sustainability targets in Nigeria?. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. №29. pp. 60426–60439. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20180-7>
2. Baloch Z. A., Tan Q., Kamran H. W., Nawaz M. A., Albashar G., & Hameed. A multiperspective assessment approach of renewable energy production: policy perspective analysis. *Environment, Development and Sustainability* 2022. 24(2). pp. 2164-2192.
3. Fuinhas J.A., Marques A.C., Koengkan M. Are renewable energy policies upsetting carbon dioxide emissions? The case of Latin America countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. №24(17). pp. 15044-15054. doi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-9109-z>.
4. Gozgor G., Mahalik M.K., Demir E., Padhan, H. The impact of economic globalization on renewable energy in the OECD countries. *Energy Policy*. 2020. №139. pp. 111-165.
5. Zeren F., Akkus H.T. The relationship between renewable energy consumption and trade openness: New evidence from emerging economies. *Renew. Energy*. 2020. №147. pp. 322–329.
6. Zhang Y., Su L., Jin, W., Yang Y. The Impact of Globalization on Renewable Energy Development in the Countries along the Belt and Road Based on the Moderating Effect of the Digital Economy. *Sustainability*. 2022. №14. 6031. <https://doi.org/10.3390/su14106031>

УДК 697.7

*Лідія Давибіда – к.геол.н., доцент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна;  
Іренеуш Вичалек – dr hab. inż., професор;  
Артур Пліхтма – dr inż.  
Познанський технологічний університет,  
м. Познань, Польща*

## **ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТА САД-ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ДАХУ ІСТОРИЧНОЇ БУДІВЛІ**

Ефективність сонячної електростанції залежить від статичних (широта, висота над рівнем моря, земний покрив) і динамічних чинників (тривалість та інтенсивність сонячного світла, температура повітря, вологість, хмарність тощо). Познань розташована в рівнинній центральній частині західної Польщі, яка характеризується відносно низьким рівнем сонячного потенціалу (1060-1090 кВт·год/м<sup>2</sup>/рік) згідно з інформацією платформи Solargis Global Solar Atlas 2.0. Це, у свою чергу, впливає на рівень інсоляції дахів окремих будинків, який також залежить від розташування та характеру даху, що, у свою чергу, за даними міського геопорталу GEOPOZ [1], призводить до значно більшої мінливості, практично від 3 до 1050 кВт·год/м<sup>2</sup>/рік. Досліджуваний об'єкт (будівля факультету будівництва та транспорту, збудована у 1953-1955 рр.) знаходиться на території одного з кампусів Познанського технологічного університету. Координати об'єкта за системою WGS 84, EPSG: 4326–X=16.948, Y=52.401. Дані міського геопорталу також свідчать, що досліджуваний об'єкт є одним із найперспективніших для встановлення сонячних панелей, оскільки інсоляція його покрівлі становить 800-1000 кВт·год/м<sup>2</sup>/рік, враховуючи затінені ділянки (рис. 1). Метою даного дослідження була розробка процедури просторового аналізу поверхонь даху з метою вибору та оптимального розташування фотоелектричних панелей [2].

Враховуючи те, що географічні умови місцевості не найсприятливіші для експлуатації сонячних панелей, важливим завданням є пошук оптимального варіанту їх розміщення на даху будівлі для досягнення максимальної ефективності. Розвиток сонячної енергетики та актуальність проектування сонячних станцій зумовили появу та розвиток спеціалізованого програмного забезпечення (ГІС та САД-системи) для оцінки інсоляції територій та об'єктів, а також для проектування сонячних електроустановок різного масштабу. Подібні програми реалізовані як у вигляді додаткових модулів комерційних проектів (Area Solar Radiation в ArcGIS, PVCAD в AutoCAD) чи програмного забезпечення із вільною ліцензією (UMEP (Urban Multi-scale Environmental Predictor) в QGIS, Module Potential Incoming Solar Radiation в SAGA), так і у вигляді окремих програм (PVGIS, PVSyst, Aurora, Homer, HelioScope тощо). В останні роки особливого розвитку набули веб-технології та хмарні баз геоданих, які дозволяють за допомогою інтерактивних інструментів спеціалізованих геопорталів оцінювати інсоляцію місцевості, визначати оптимальні характеристики сонячних панелей (кут, азимут), моделювати та прогнозувати виробництво енергії, а також оцінювати термін окупності проектів [3]. Серед подібних веб-систем варто

відзначити географічний інформаційний портал PVGIS (JRS) Спільного дослідницького інституту Європейської комісії, який надає доступ до глобальної бази даних інсоляції територій, що є ключовим внеском у планування сонячної енергетики. Ще один відомий інтернет-ресурс – Helioscope – платформа для детального проектування сонячних установок, створення CAD-моделей і розрахунку фінансових показників.

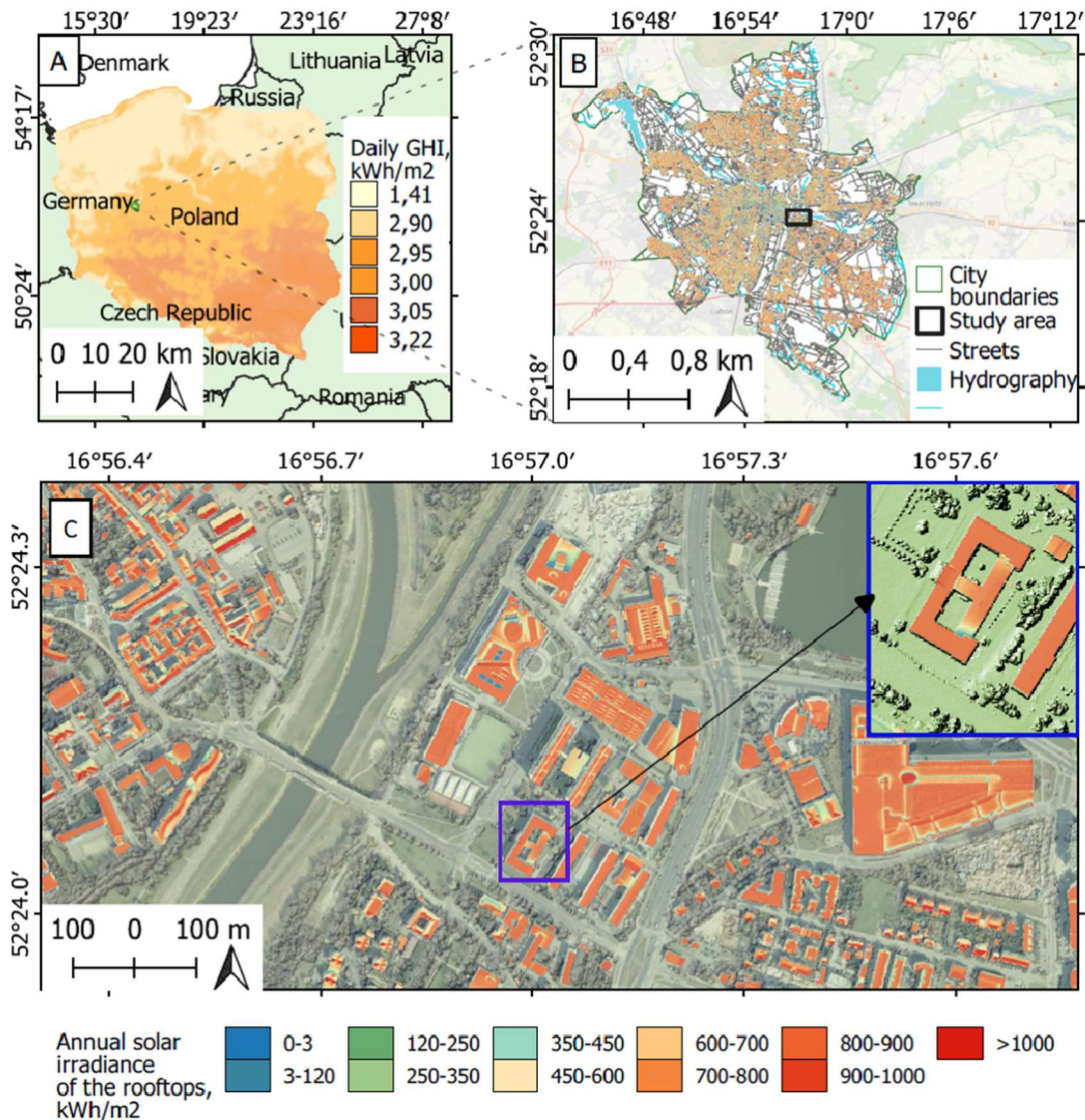


Рис. 1 – Розташування об'єкта дослідження та умови інсоляції: а – районування території Польщі за індексом інсоляції GHI; б – розташування досліджуваного об'єкта в м. Познань та класифікація дахів міських будинків за рівнем сонячного потенціалу; в – об'єкт дослідження, будівля факультету будівництва та транспорту Познанського технологічного університету, на ортофотоплані міста з урахуванням рівня інсоляції дахів

При розміщенні сонячної електростанції на плоскому даху основними завданнями є оптимальне використання простору даху, вибір орієнтації панелей і кута їх нахилу [4, 5]. У випадку дослідницького об'єкта, який має статус пам'ятки

архітектури, додатковим обмежуючим фактором є необхідність розміщення панелей таким чином, щоб зменшити їх видимість з вулиці. Очевидно, найбільш ефективними будуть панелі, орієнтовані на південь (азимут 180°), але такий варіант зменшує максимально можливу кількість модулів, які можна розмістити на даху будівлі.

Відповідно до даних, отриманих за допомогою ресурсу PVGIS, оптимальний кут нахилу модулів становить 39-41°. Також слід пам'ятати, що для підвищення міцності конструкції, рекомендований кут нахилу при монтажі сонячних панелей на плоскому даху становить близько 10-15°. Вибір малого кута нахилу сонячних панелей виправданий тим, що зменшується навантаження повітряного потоку на конструкцію сонячної станції. Це дозволяє зменшити вагу монтажної конструкції сонячної батареї і оптимізувати навантаження на несучі конструкції будівлі, а також вибрати більш простий і дешевий монтаж [6-9]. Крім того, мале значення кута нахилу дозволяє уникнути взаємного затінення сонячних модулів. Це в свою чергу дає можливість розташувати ряди модулів максимально близько один до одного і тим самим зменшити площу, яку займає електростанція, що дуже важливо в разі обмеженої площі даху. Крім того, модулі, розміщені під меншим кутом, будуть мати меншу видимість з вулиці, тому їх можна розмістити ближче до краю даху будівлі.

Загальна кількість сонячної енергії, отриманої поверхнею даху досліджуваної будівлі протягом типового погодного року, коливається від 0,01 кВт/м<sup>2</sup> до 1045 кВт/м<sup>2</sup> для різних сегментів даху [2]. Добова кількість сонячної енергії для поверхні даху залежить як від сонячного циклу (найбільша і найменша кількість у дні літнього та зимового сонцестоянь відповідно), так і від мінливості погодних умов, рослинності, забруднення повітря пилом і аерозолями.

Визначення частини поверхні покрівлі, на якій можна розмістити панелі, враховуючи наявні перешкоди (надбудови, вентиляційна інфраструктура, проходи, відхилення від краю), інсоляцію поверхні покрівлі, а також затінення окремих ділянок, виконано в середовищі QGIS. Детальне зображення (роздільна здатність – 15 см), отримане за допомогою зйомки з дрона, і створена на його основі цифрова модель поверхні дозволяють не тільки визначити за допомогою спеціалізованих ГІС-модулів кількість сонячного світла, що отримують окремі поверхні даху на певний день або період, визначений користувачем, але й провести детальний аналіз надбудов, димоходів, антен тощо, які перешкоджають установці сонячних панелей та створюють додаткове затінення. Далі, з метою усунення існуючих перешкод і найбільш затінених ділянок, була проведена растрова класифікація сумарної річної інсоляції за принципом: <800 кВт/м<sup>2</sup>/рік – ділянка, непридатна для встановлення сонячних батарей; ≥800 кВт/м<sup>2</sup>/рік – ділянка, придатна для установки сонячних панелей. Враховуючи характер затінення покрівлі нижчої частини будівлі (69,8 м) більш високим фрагментом (78,2 м), нижня частина була виключена з подальшого аналізу, як малоперспективна для розміщення модулів проектованої сонячної електростанції. Крім того, зони до 1 м від краю покрівлі з міркувань безпеки та зони відведення для зменшення видимості панелей з вулиці визначені як ділянки даху, непридатні для розміщення сонячних панелей. Величина зміщення залежить від кута нахилу панелей і, отже, від висоти монтажу. У цьому дослідженні конструктивні параметри сонячної електростанції розраховувалися для двох варіантів кута нахилу модуля: 40° і 15°(рис. 2).



Для обох варіантів кута нахилу панелей розраховані можливості розміщення модулів строго на південь і паралельно до краю даху. Результати розрахунків представлені в табл.

Проведені розрахунки та створені моделі дозволяють визначити можливість встановлення сонячної електростанції з орієнтовною потужністю 100 МВт-год/рік на даху будівлі факультету будівництва та транспорту Познанського технологічного університету.

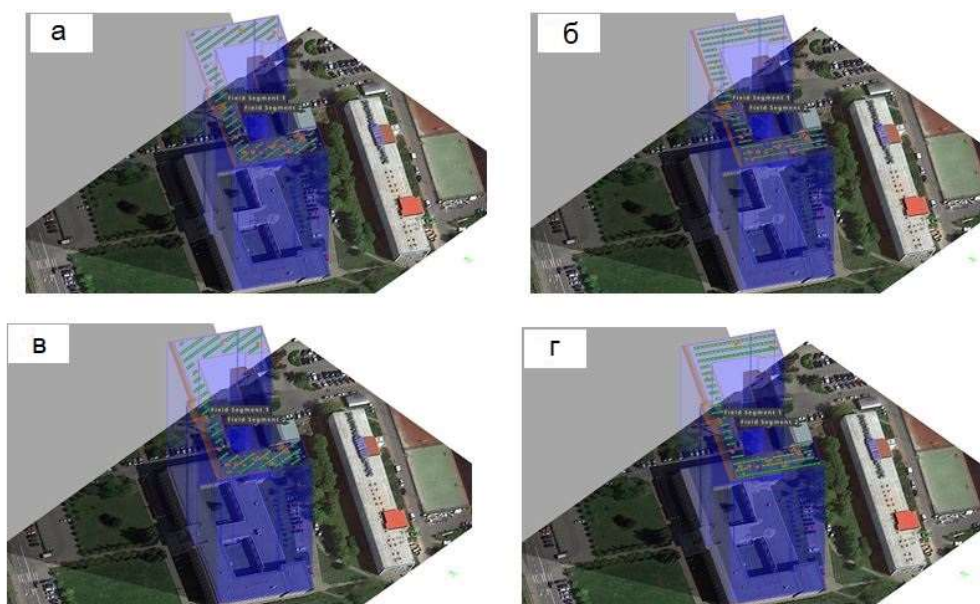


Рис. 2 – Варіанти розташування панелей для: а – кута 15° (азимут 180°); б – кута 15° (азимут 211,6°); в – кута 40° (азимут 180°); г – кута 40° (азимут 211,6°)

Таблиця – Результати проектування розташування модулів (для панелей SunPower Maxeon 3 (400Wp), інвертора Suntrio Plus 60 kW)

Кут	Азимут	Відстань між панелями, м	Кількість модулів	Номінальна потужність, кВт	Затінення, %	Продуктивність, %	Річна потужність, МВт-год
15°	180°	1,5	226	90,4	0,8	85,5	91,4
	211,6°	1,5	248	99,2	0,9	85,5	99,9
40°	180°	3,4	97	38,8	2,9	84,4	41,4
	211,6°	3,4	120	48,0	3,1	83,9	49,9

Дане дослідження підготовлене за підтримки Центру Східноєвропейських студій (Варшавський університет) у рамках Премії імені Івана Виговського (2020/2021) під почесним патронатом Президента Польщі.

#### Література

1. SIP Poznan. <http://sip.poznan.pl/model3d/#/legend> [access: 11.11.2022].
2. Davybida, L., Wyczałek, I. ., & Plichta, A. (2022). Using GIS and SDSS Tools in the Design of a Photovoltaic System for a Built-up Roof. *Geomatics and Environmental Engineering*, 16(4), pp. 31–58. <https://doi.org/10.7494/geom.2022.16.4.31>.

3. Gassar A.A.A., Cha S.H. (2021). Review of geographic information systems-based rooftop solar photovoltaic potential estimation approaches at urban scales. *Applied Energy*, vol. 291, 116817. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116817>.

4. Saretta E., Bonomo P., Frontini F. (2020). A calculation method for the BIPV potential of Swiss façades at LOD2.5 in urban areas: A case from Ticino region. *Solar Energy*, vol. 195, 2020, pp. 150–165. <http://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.062>.

5. Brito M., Redweik P., Catita C., Freitas S., Santos M. (2019). 3D Solar Potential in the Urban Environment: A Case Study in Lisbon, *Energies*, vol. 12, no. 18, 3457. <https://doi.org/10.3390/en12183457>.

6. Khan J., Arsalan M.H.(2016). Estimation of rooftop solar photovoltaic potential using geo-spatial techniques: A perspective from planned neighborhood of Karachi – Pakistan. *Renewable Energy*, vol. 90, pp. 188–203. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.058>.

7. Fuentes J.E., Francisco D.M., Oscar D.M. (2020). Method for Estimating Solar Energy Potential Based on Photogrammetry from Unmanned Aerial Vehicles. *Electronics*, vol. 9, no. 12, 2144. <https://doi.org/10.3390/electronics9122144>.

8. Bujarkiewicz A., Sztubecka M., Sztubecki J.(2018). The Study of Using GIS Tools in Sustainable Management of Solar Energy. *Civil and Environmental Engineering Reports*, vol. 28, pp. 26–39. <https://doi.org/10.2478/ceer-2018-0003>.

9. Chow A., Alan S.F., Songnian L. (2014). GIS Modeling of Solar Neighborhood Potential at a Fine Spatiotemporal Resolution. *Buildings*, vol. 4, no. 2, pp. 195–206. <https://doi.org/10.3390/buildings4020195>.

УДК 621.311.4

*Сергій Бойко – к.т.н., доцент;  
Вікторія Моїсеєва – студентка;  
Денис Піскун – студент  
Національний університет «Запорізька політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ**

Однією з екологічних проблем, зумовлених посиленням техногенного впливу транспортної галузі на природне середовище є стан атмосферного повітря. Серед основних заходів, спрямованими на охорону довкілля слід виокремити обмеження викидів в атмосферу з метою поліпшення загальної екологічної обстановки.

З поміж інших, значні надходження забруднювальних речовин відбуваються в зонах комунікацій і транспортних вузлів (90 т пилу на 1 км залізничного полотна на рік). При експлуатації нафтопроводів та продуктопроводів найбільшої шкоди завдають аварійні витіки нафти тощо [1].

Між тим, взаємодії галузей економіки, енергетики та довкілля є суперечливим та викликає безліч дискусій. Між з тим, загальний базовий елемент, для всіх країн світу спільний – це екологічна безпека та захист навколишнього природного середовища.

Поєднуючи екологічний підхід та економічні механізми розвитку транспортної галузі, можна збалансувати енергетичну складову галузі та забезпечити низьковуглецевий сценарій розвитку економіки країни в цілому. Однак в енергетиці України карбонові генератори займають значну частку виробленої енергії [2].

Транспортна галузь України нерозривно поєднана з енергетикою та має свої особливості. Світовий досвід показує, що впровадження новітніх технологій у транспортній галузі безумовно дає ряд однозначних бонусів для подальшого стабільного розвитку. Між тим, об'єкти транспортної галузі України мають значні території, що технологічно не задіяні у сільськогосподарській галузі та не можуть бути використані для розвитку культурної та соціальної сфери. У свою чергу об'єкти транспортної галузі України складають її транспортну інфраструктуру та розташовані на всій території України.

Слід зазначити той факт, що територія України придатна для впровадження та промислового використання електрогенеруючих установок на базі сонячної та вітрової енергії [3].

Тому, враховуючи необхідність екологізації транспортної галузі України та необхідності подальшого її розвитку шляхом покращення її інфраструктури, у тому числі підвищення надійності електропостачання відповідальних споживачів галузі слід розглядати можливість впровадження відновлюваних джерел електричної енергії в умовах об'єктів транспортної галузі України.

Між тим, слід зазначити, що потужності відновлювальної енергетики зростають та збільшують свій сегмент на енергетичному ринку країни та світу. Аналізуючи дані та розглядаючи всі можливі варіанти, фахівці мають змогу розробляти гіпотетично можливі сценарії розвитку цієї галузі, змінюючи одну чи кілька складових та

моделюючи наслідки, що можуть настати залежно від внесених змін. Таким чином розвиток енергетичного сектора нашої країни не є винятком та має три сценарії, відправною точкою яких є дотримання цілей Паризької угоди щодо «вуглецевого» та «низьковуглецевого» енергетичних шляхів.

Результати аналізу споживання ресурсів для енергогенерації [3] дає змогу простежити чітку тенденцію в економічних витратах. Тому до 2030 року витрати на ресурсне й технологічне забезпечення енергогенерації за «революційним» сценарієм будуть перевищувати витрати за «базовим». При цьому за «революційним» сценарієм будуть зростати капітальні інвестиції у розвиток та розбудову сектора відновлюваних джерел енергії. Між тим, всі сценарії прогнозів подальшого розвитку енергетики є гіпотетичними, а їх реалізація можлива лише за ідеальних умов при виконанні всіх запрограмованих та зазначених критеріїв.

З метою подолання екологічної кризи в країні потрібно здійснити екологізацію виробництва. Екологізація виробництва спрямована на розширення дії екологічних пріоритетів у виробничій діяльності та на екологічну модернізацію виробництва.

Екологізація виробництва має здійснюватися одночасно впровадженням раціонального природокористування та впровадженням екологічних нововведень у галузь.

Для України збільшення потужностей відновлюваних джерел енергії є досить важливим та невід'ємним компонентом подальшого розвитку у тому числі транспортної галузі. Такий підхід призведе до зниження «вуглецевих» виробників зміцнить позицію України на політичній арені та допоможе в майбутньому залучати більше капітальних інвестицій у розвиток генеруючих установок на базі відновлюваних джерел енергії. Також, враховуючи той факт, що «зелений тариф» скоро припинить діяти, ціна електроенергії з альтернативних джерел енергії різко впаде. Між тим, у період його дії сонячні та вітрові електростанції є досить конкурентоспроможними на ринку. Проте з метою для забезпечення здорової конкуренції без дії «зеленого тарифу» невід'ємним чинником є дієвий ринок електроенергії [4].

Відновлювана енергетика має стати невід'ємною складовою екологізації транспортної галузі. Саме при використанні такого підходу, економічних механізмів та сучасних альтернативних технологій можлива реалізація принципів сталого розвитку галузі в цілому [5].

З метою вирішення завдання підвищення безпеки об'єктів транспортної галузі України, виявлено необхідність подальшого впровадження додаткових альтернативних джерел електричної енергії а саме відновлюваних джерел енергії в умовах вказаної галузі та виявлено позитивний вплив на підвищення екологізації транспортної галузі за такого підходу.

#### *Література*

1. World Energy Outlook –2021, OECD/IEA, Paris
2. НЕК «Укренерго»: Офіційний сайт [Електронний ресурс]: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>
3. Реєстр альтернативних видів палива Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). Київ, 2011. 42 с.

4. Бойко С.М. Теоретичні засади формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації в умовах гірничорудних підприємств. Монографія, під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. Кременчук, 2020. 263с.

5. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Кравчинський Р.Л. Екологічна стандартизація та запобігання впливу відходів на довкілля. К.: ВПЦ "Київський університет". 2016. 192 с.

УДК 338.43:504.064

*Валерія Вовк – аспірантка  
Вінницький національний аграрний університет,  
м. Вінниця, Україна*

## **ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

Екодеструктивний вплив на довкілля та порушення його рівноваги відбувається протягом деякого часу поступово і має накопичувальний характер. Враховуючи, що природне середовище з одного боку є об'єктивною та необхідною умовою здійснення господарської діяльності, а з іншого – формується та змінюється під її впливом, на увагу заслуговують екологічні аспекти економіки. Саме тому використання природних ресурсів має бути раціональним та орієнтованим на їх збереження, а відтак і на забезпечення сталого розвитку.

Дослідження сучасних інструментів математичного моделювання еколого-економічних процесів є надзвичайно актуальним у сучасних умовах, адже сьогодні виникає необхідність пошуку оптимальних механізмів забезпечення сталого розвитку та стимулювання зеленої модернізації економіки України.

За сучасних умов розвитку боротьби зі зміною клімату актуальним питанням є пошук дієвої системи моніторингу основних показників екологічного навантаження на навколишнє середовище, а також їх достовірної та своєчасної оцінки. Слід зазначити, що Методичними рекомендаціями щодо розрахунку рівня економічної безпеки України, затвердженими наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України № 1277 від 29.10.2013 р. виокремлено підходи до визначення інтегрального індексу економічної безпеки. Відповідно до вказаного документа, інтегральний індекс економічної безпеки складається з 9 середньозважених субіндексів (складових економічної безпеки): виробнича безпека; демографічна безпека; енергетична безпека; зовнішньоекономічна безпека; інвестиційно-інноваційна безпека; макроекономічна безпека; продовольча безпека; соціальна безпека; фінансова безпека.

Також у 2021 році Указом Президента України №347/2021 введено у дію Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 11.08.2021 р. «Про Стратегію економічної безпеки України на період до 2025 року». У Стратегії затверджено основні складові економічної безпеки України, а саме фінансову, виробничу, зовнішньоекономічну, інвестиційно-інноваційну та макроекономічну.

Як у першому документі від 2013 року, так і в другому від 2021 року екологічна складова загальноєкономічної безпеки України взагалі відсутня. Це є серйозною прогалиною у вітчизняному законодавстві, адже в умовах сьогодення питання охорони навколишнього середовища є одним із ключових і, на нашу думку, екологічна безпека є однією із найважливіших індикаторів рівня економічної безпеки України, враховуючи аномальний рівень використання стратегічних природних ресурсів, які у 2-3 рази і більше перевищує екологічно припустимі межі (розораність, зарегульованість річок тощо).

Незважаючи на важливість своєчасного та достовірного визначення рівня екологічної безпеки, на жаль, єдиного підходу до її комплексної оцінки під впливом

збільшення антропогенного навантаження на екосистеми в Україні не існує. У статті 33 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XII від 25.06.1991 р. зазначені спеціальні нормативи екологічної безпеки: гранично допустимі викиди та скиди у навколишнє природне середовище забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних і біологічних факторів та інші. Екологічні нормативи повинні встановлюватися з урахуванням вимог санітарно-гігієнічних та санітарно-протиепідемічних правил і норм, гігієнічних нормативів.

Зважаючи на значну складність екологічної ситуації та нагальність вирішення проблем у цій сфері, вкрай необхідно розробити та запровадити практику оцінки рівня екологічного навантаження на навколишнє середовище та екологічної безпеки в системі національної безпеки держави шляхом використання інтегральної оцінки екологічного навантаження, яка являє собою узагальнення певної кількості показників у один комплексний. Набір системи індикаторів пропонується обрати виходячи із питань обсягів утворення та поводження із відходами в Україні.

Сутність інтегрального показника полягає в переході від опису об'єкта дослідження, який характеризується великою кількістю ознак, до опису меншим числом максимально компактних інформаційних показників, які відображають найбільш суттєві властивості явища [1].

Метою побудови інтегрального показника екологічного навантаження на навколишнє середовище є компактний опис деякої якості досліджуваного явища їх збереженням основних властивостей структури досліджуваних об'єктів.

Процедура інтегральної оцінки передбачає використання певних методів. Основними вимогами до окремих показників при побудові інтегрального показника є те, що вони повинні бути вузько спрямованими, тобто має існувати можливість інтерпретації однозначного збільшення або зменшення їх числових значень та рангування показників. При побудові інтегрального показника потрібно дотримуватись вимог, які впливають з його особливостей.

Комплексний інтегральний показник екологічного навантаження на навколишнє середовище (вплив накопичення та поводження із відходами) описується функцією:

$$I_{\text{ЕНвідходи}} = F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}),$$

де  $x_1$  – обсяг утворених відходів, млн т;

$x_2$  – викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря, тис. т;

$x_3$  – викиди забруднюючих речовин і парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т;

$x_4$  – викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення, тис. т;

$x_5$  – кількість установок для поводження з відходами, спеціально відведених місць та об'єктів видалення відходів, од.;

$x_6$  – внесення мінеральних та органічних добрив, тис. т;

$x_7$  – надходження від екологічних податків, млрд грн.;

$x_8$  – капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища за

видами природоохоронних заходів, млн грн.;

$x_9$  – поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища за видами природоохоронних заходів, млн грн.;

$x_{10}$  – загальне постачання енергії від відновлювальних джерел, тис. т н.е.;

$x_{11}$  – частка постачання енергії від відновлювальних джерел, %;

$x_{12}$  – обсяг виробництва (валовий збір) сільськогосподарських культур, млн т.;

$x_{13}$  – виробництво основних видів продукції тваринництва, млн т.

Деякі індикатори є стимуляторами (зменшують екологічне навантаження на навколишнє середовище), а деякі – дестимуляторами (збільшують екологічне навантаження на навколишнє середовище).

У свої дослідженнях Чіков І.А. зазначає, що особливість побудови моделей з латентними показниками полягає в тому, що модель будується на гіпотезі про те, що деякий вихідний латентний показник  $l_i$  є агрегованим показником множини часткових показників  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , тобто  $l_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Автор зауважує про те, що латентні або приховані ознаки проявляються на «поверхні» економічних явищ у вигляді множини факторів-симптомів – окремих групових показників та/або часткових показників, які відображають різні сторони складних економічних систем. Таким чином, певний невідомий критерій, який є узагальним показником сукупності факторів-симптомів попереднього рівня ієрархії, може розглядатися як латентна характеристика вищого рівня [2, с. 87].

За результатами розрахунків за методом ентропії визначаємо інтегральні показники екологічного навантаження на навколишнє середовище у 2010-2020 рр., врахувавши 13 індикаторів стимуляторів та дестимуляторів екологічного навантаження на навколишнє середовище (рис.).

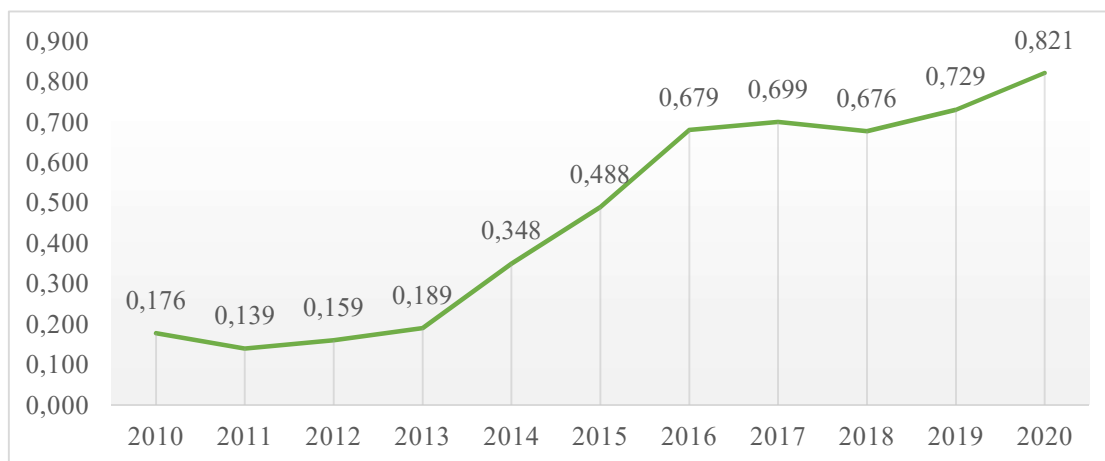


Рис. 1 – Інтегральний показник екологічного навантаження на навколишнє середовище, 2010-2020 рр.

Джерело: власні розрахунки автора

Відповідно до розрахованих показників інтегрального показника екологічного навантаження на навколишнє середовище та отриманої шкали оцінки рівня екологічної безпеки можемо зробити наступні висновки:

- рівень екологічної безпеки в Україні відповідно до обраних для розрахунку індикаторів (стимуляторів та дестимуляторів екологічного навантаження) щороку погіршується;



- протягом 2010-2013 рр. спостерігається найвищий рівень екологічної безпеки в Україні – безпека;

- 2014 та 2015 рр. характеризуються незначним погіршення – підвищення інтегрального показника та, як наслідок, зростання екологічного навантаження на навколишнє середовище, стан екологічної безпеки у ці роки інтерпретується як умовна безпека та виникає ризик настання екологічної небезпеки відповідно;

- наступні 4 роки – 2016-2019 рр. – показали значне погіршення інтегрального показника екологічного навантаження на навколишнє середовище, такий стан екологічної безпеки характеризується як небезпечний;

- у 2020 р. спостерігаємо найвище значення інтегрального показника, що свідчить про найгірший стан екологічної безпеки – критичний стан.

Таким чином, проведена комплексна інтегральна оцінка рівня екологічного навантаження на навколишнє середовище дає уявлення про дійсний стан екологічної безпеки країни, що формуються за рахунок системи індикаторів, і дозволяє здійснювати прогнозування стану небезпеки на перспективу за факторами впливу на довкілля, проводити адресне фінансування комплексу заходів щодо запобігання поширенню небезпечних природно-техногенних явищ; для запобігання виникнення надзвичайних екологічних ситуацій, в першу чергу, направляти фінансові ресурси на ділянки з найвищим ступенем екологічної загрози і ризику.

Екологічні проблеми, у тому числі, проблема вичерпаності природних ресурсів, становлять новий контекст оптимізації розвитку соціально-економічних систем. Постає задача економії не тільки часу живої та уречевленої праці в умовах діючих енергетичних констант та зміни цих констант у напрямку їх зменшення, але й безпосереднього урахування та мінімізації витрат тієї енергії, яка була акумульована в природних ресурсах до процесу виробництва.

Тому запропонована економіко-математична модель відповідає умовам сталого розвитку в його сучасній інтерпретації, орієнтованій, перед усім, на необхідність та можливість збереження й відтворення природного середовища разом із соціально-економічним прогресом. Використання критерію мінімізації соціально-економічної дії дозволяє визначити оптимальну структуру ресурсів для сталого економічного розвитку при визначених обмеженнях. Подальші дослідження доцільно сконцентрувати на вирішення прикладних організаційних, технічних та інформаційних завдань щодо впровадження запропонованої моделі у практику управління за принципами сталого економічного розвитку. Головним завданням на найближчу перспективу є запобігання збільшенню рівня забруднення та виснаженню природних об'єктів.

#### *Література*

1. Chikov I. Assessment of the level of competitiveness of agricultural enterprises on the basis of neural network modeling. *Economy, finances, management: topical issues of science and practical activity*. 2021. № 4 (58). P. 83-99. DOI: 10.37128/2411-4413-2021-4-6.

2. Вовк В.Ю. Впровадження принципів екологістики для забезпечення безвідходного сільськогосподарського виробництва. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. 2022. Т. 27. № 2 (92). С. 54-60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2304-0920/2-92-9>.

3. Коляденко С.В., Чіков І.А. Інтегральна оцінка конкурентоспроможності аграрних підприємств. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 10. С. 34-39. DOI: 10.32702/2306-6814.2021.10.34.

4. Гончарук І.В., Томашук І.В. Вплив еколого-економічного фактору на особливості організаційно-економічного механізму використання ресурсного потенціалу сільських територій. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2017. № 4 (20). С. 55-62.

5. Vovk V., Krasnoselska A. Ecologization of Agricultural Production Based on the Use of Waste-Free Technologies to Ensure Energy Autonomy of AIC. *Global trends and prospects of socio-economic development of Ukraine: scientific monograph*. Publishing House "Baltija Publishing", Riga, Latvia. 2022. P. 59-87. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-193-0-2>.

УДК 504.062: 620.92 (477.86)

*Наталія Москальчук – к.т.н., доцент  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## **ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАЦІЇ В МЕЖАХ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ**

Використання викопного палива та неефективне споживання енергії є основною причиною зміни клімату через утворення CO<sub>2</sub> та інших парникових газів. Світова та національні кліматичні політики ставлять за мету стримування зростання глобальної середньої температури шляхом скорочення викидів парникових газів. Ціль оновленого національного визначеного внеску України до Паризької Угоди (НВВ2), затвердженого Урядом у 2021 р., – до 2030 року скоротити викиди парникових газів до рівня 35% порівняно з 1990 роком [1]. Одним з основних заходів для досягнення декарбонізації є збільшення до 2030 року частки відновлюваних джерел енергії у загальному виробництві електроенергії до 30 % [2], що є вище планованих 17 % у схваленій у 2017 році «Енергетичній стратегії України на період до 2035 року» [3].

На місцевому рівні Івано-Франківською міською територіальною громадою (МТГ) кліматична політика задекларована шляхом долучення до «Угоди мерів». Для досягнення цілей щодо скорочення власних викидів CO<sub>2</sub> щонайменше на 30% до 2030 року в 2021 році було розроблено стратегічний документ «Програма сталого енергетичного розвитку Івано-Франківської МТГ до 2030 р. [4] Перелік основних заходів даної програми включає і виробництво відновлювальної енергії: використання відновлювальних джерел енергії в житлових, бюджетних будівлях та інші заходи, які не деталізовано.

Досягнення вищезазначених амбітних цілей стане можливим основному за рахунок розвитку вітрової та сонячної електроенергетики. На відміну від сонячної електроенергетики працюючі на ОЕС України об'єкти вітрової електрогенерації розташовані на території України вкрай неоднорідно. За даними щорічного огляду Вітроенергетичної асоціації України [5] на початок 2022 року з 1672,9 МВт загальної встановленої потужності вітроенергетичного сектору на материковій частині України (без Криму) до 90% були зосереджені на півдні: в Херсонській, Запорізькій, Миколаївській та Одеській областях. З Карпатського регіону постачали електроенергію за «зеленим» тарифом тільки дві вітроелектростанції (ВЕС) у Львівській області (ВЕС Старий Самбір 1 – 13,2 МВт, ВЕС Старий Самбір 2 – 20,7 МВт) та одна в Івано-Франківській (ВЕС Шевченкове-1 (перша черга) – 0,6 МВт).

З огляду на виконання цілей з декарбонізації, а особливо зважаючи на війну, розв'язану російською федерацією: пошкодженням об'єктів ОЕС України та захопленням електростанцій на тимчасово окупованих територіях, кожна нова ВЕС – це додаткове посилення енергосистеми держави. Тому вивчення можливості встановлення ВЕС на території Івано-Франківської МТГ є вкрай актуальним питанням. Однак обґрунтування можливості розташування ВЕС на певній території

процес тривалий та ємний, який вимагає як оцінки вітроенергетичного потенціалу, так і врахування геопросторових обмежень [6].

У 2015-2017 рр. науковцями кафедр екології та туризму Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу проводились дослідження в рамках держбюджетної роботи за темою: Д-5-15-Ф «Методологія екологічно безпечного використання відновлюваних джерел енергії у сталому туристично-рекреаційному розвитку Карпатського регіону» Робота включала оцінку можливості еколого безпечного використання вітро-, геліо- та гідроресурсів в межах досліджуваної території, а її результати були опубліковані в ряді праць, зокрема колективній монографії [7]. Оцінка вітроенергетичного потенціалу Карпатського регіону, яка базувалася на обробці даних спостережень за вітровими характеристиками на метеостанціях, виконувалась зокрема й по метеостанції Івано-Франківськ, яка знаходиться на території аеропорту. Зважаючи на необхідність встановлення швидкості вітру на висоті роботи вітроенергетичних установок, було встановлено, що середня швидкості вітру на висоті 100 м по метеостанції Івано-Франківськ є нижчою за 5,5 м/с, тобто є недостатньою для розвитку промислової енергетики з використанням вітроелектроустановок (ВЕУ) мегаватного класу.

Проте варто зазначити, що в межах Івано-Франківської МТГ є вищі в орографічному плані та більш сприятливі на вітроенергетичні ресурси ділянки, це зокрема Вовчинецький пагорб на північному-сході м. Івано-Франківська. Детальної вітроенергетичної оцінки для цієї ділянки раніше не проводилось. Аналіз даних Wind Atlas [8], веб-додатку, яким користуються проектувальники та інвестори для визначити зони зі значним вітром для виробництва енергії, дає змогу говорити про наявність тут вітрів зі середньою швидкістю 6-6,5 м/с на висоті 100 м. Зважаючи на криві потужності сучасних ВЕУ коефіцієнт використання потужності для цієї території складає близько 30 %, а орієнтовний річний вітроенергетичний потенціал від 1 ВЕУ як, наприклад, Generis 3.45 MW може складати до 10 млн кВт·год/рік.

Слід зауважити, що розрахунки на основі даних отриманих з метеостанцій та атласів є попередніми. Світова практика вітроенергетичних проєктів вимагає принаймні 1 року вимірювань вітрових показників безпосередньо на вибраній території зі встановленням метеощогли або використанням лідарів для уточнення вітроенергетичного потенціалу та визначення придатності території.

Оцінка придатності території потребує також врахування геопросторових обмежень, що дає змогу уникнення перешкод запланованій діяльності, зменшення затрат, впливу на довкілля чи незадоволення громадськості. При геопросторовому плануванні майданчика ВЕС необхідно враховувати орографію, технічні (наявність точок підключення до енергомережі, логістику, взаємне розташування ВЕУ, землекористування), та екологічні обмеження (наявність та віддаленість від об'єктів та територій природно-заповідного фонду, водно-болотних угідь, лісів, сельбищних та рекреаційних територій населених пунктів). До прикладу, наявність комплексної пам'ятки природи місцевого значення «Вовчинецькі гори», рекреаційне використання території дослідження та її близькість до населених пунктів вимагає детального опрацювання на даному етапі.

Вітроелектростанції належать до видів діяльності, які можуть мати значний вплив на довкілля та підлягають оцінці впливу на довкілля (ОВД) до прийняття рішення про провадження планованої діяльності. Відповідно до частини 3 статті 3

Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [9] – це «вітрові парки, вітрові електростанції, що мають дві і більше турбіни або висота яких становить 50 метрів і більше». Оскільки кожен вид діяльності має свою специфіку, в процесі підготовки звіту з ОВД для ВЕС важливо оцінити впливи на ландшафт та біорізноманіття, особливо птахів та рукокрилих; на здоров'я населення, зокрема візуальний вплив, рівень акустичного та електромагнітного випромінювання, ефект мерехтіння тіні, розкидання льоду; вплив на авіацію та інші та запропонувати заходи для пом'якшення цих впливів.

Щодо попередньої економічної оцінки, то за даними Міжнародного агентства з відновлювальних джерел енергії (IRENA) [10], членом якого є і Україна з 2017 року, в 2020 р. загальні витрати на встановлення потужностей наземної вітроенергетики становили 1,355 \$/кВт. Нормована ж вартість електроенергії (LCOE) від нещодавно введених в експлуатацію технологій наземної вітроенергетики у 2020 році склала 0,0039 \$/кВт, що на 56% нижче ніж у 2010 році та нижче за найдешевшу електрогенерацію з нових потужностей на викопному паливі. В Україні в середньому будівництво 1 МВт наземної ВЕС складає 1,2-1,6 млн дол. Термін окупності ВЕС становить 5-7 років, а термін експлуатації ВЕУ – 25 років. Також є практика використання реновованих ВЕУ, які мають значно нижчу вартість та можуть експлуатуватись 15-20 років.

Все вищенаведене свідчить про потребу та потенційну можливість розвитку вітрової електрогенерації в межах Івано-Франківської МТГ з необхідністю подальшого детального вивчення даного питання.

#### *Література*

1. NDC Registry. <https://unfccc.int/NDCREG>
2. Національно визначений внесок України до Паризької угоди / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України <https://mepr.gov.ua/news/33080.html>
3. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
4. Програма сталого енергетичного розвитку Івано-Франківської міської територіальної громади до 2030 року. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ratusha.if.ua/wp-content/uploads/2021/11/Prohrama.pdf>
5. Українська вітроенергетична асоціація. <http://uwea.com.ua/ua/>
6. Москальчук Н. М. Адаменко. О. Вибір майданчика розташування ВЕС на основі ГІС-підходу. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. № 29 (6). С. 71-75. <https://doi.org/10.15421/40290614>
7. Методологія екологічно безпечного використання відновлюваних джерел енергії у сталому туристично-рекреаційному розвитку Карпатського регіону. Колективна монографія / За ред. проф. Л.М. Архипової. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. 298 с.
8. Global wind atlas. <https://globalwindatlas.info/en>
9. Закон України «Про Оцінку впливу на довкілля». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
10. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/>

УДК 620.92:502.5

*Ірина Яремак – к.т.н., доцент;  
Роман Яремак  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна*

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Загострення екологічних проблем в світі обумовило необхідність формування міжнародного вектора екологічної політики в сфері електроенергетики. Вирішення глобальних екологічних питань через дотримання міжнародних конвенцій, директив та домовленостей потребує визначення кожною країною свого шляху у реалізації спільних завдань в енергетичній галузі. В Україні спостерігається стійка тенденція до зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [1]. ВДЕ є одним із пріоритетів стратегії низьковуглецевого розвитку України [2]. Потужність ВДЕ України у 2021 році ілюструє рис. 1 [3].

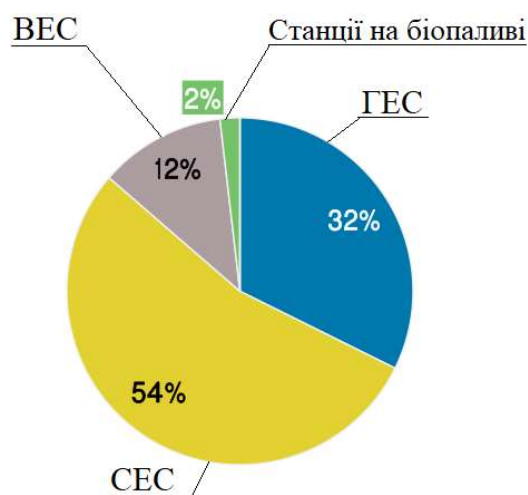


Рис. 1 – Потужність відновлювальних джерел електроенергії України у 2021 р. [3]

Як видно з рис. 1 вагоме місце серед ВДЕ України займають сонячні електростанції (СЕС). Сонячна енергетика – досить молода галузь, однак у кожного продукту та матеріалу є свій термін експлуатації та використання. Як відомо, сонячні модулі можна використовувати протягом 25-30 років. Після завершення терміну експлуатації вони перетворюються на "електронне сміття" (e-waste). Річний світовий обсяг e-waste у 2021 році склав близько 57 мільйонів метричних тонн [4]. Фотоелектричні панелі сьогодні - це лише доля відсотка світового об'єму електронних відходів, оскільки сонячна енергетика молода галузь. Проте вона швидко розвивається, тому Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (International Renewable Energy Agency, IRENA) [3] прогнозує, що до 2050 року до 78 мільйонів метричних тонн сонячних панелей досягнуть кінцевого терміну роботи, а у світі щорічно вироблятиметься близько 6 мільйонів метричних тонн нових сонячних електронних відходів. Хоча це невелика частка загального об'єму електронних відходів, які людство виробляє щороку, проте стандартні методи перероблення електроніки не можна використовувати для сонячних панелей. Для

отримання найбільш цінних матеріалів з сонячних панелей, а саме срібла та кремнію, потрібні індивідуальні рішення щодо перероблення. Якщо законодавчо не зобов'язати переробляти сонячні панелі, вони будуть знаходитись на звичайних звалищах. Тому важливим елементом роботи СЕС є екологічні аспекти - це одне з ключових понять системи менеджменту, за допомогою якого порівнюється робота СЕС та її взаємодія з навколишнім середовищем.

Екологічним аспектом сонячної енергетики є також займання великих площ, що псує ландшафт і вилучає землі з господарського обороту. Тому доцільно встановлювати СЕС на незайнятих площах. Йдеться про земельні ділянки, які, наприклад, рекультивовані після використання під звалище побутових відходів, тощо.

У зв'язку з військовими діями, які відбуваються на території України від 24 лютого 2022 року, більше 30% сонячних електростанцій нашої держави зруйновано. Пошкоджені сонячні панелі потребують якісного перероблення. Повеєнна відбудова енергетичної галузі України передбачатиме розширення доступу споживачів до чистої енергії [5]. Розширення виробництва сонячної енергії є ключем до скорочення викидів.

Міжнародне агентство поновлюваної енергетики (IRENA) [3] та Міжнародне енергетичне агентство (IEA) [6] у 2016 році опублікували спільну доповідь про стратегію утилізації сонячних модулів [7]. Згідно прогнозів до 2030 року світові відходи фотовольтаїки складуть 1,7-8 млн тонн. Це модулі, що відпрацювали свій термін експлуатації в 25-30 років (regularloss) або передчасно вилучені (earlyloss) модулі, до закінчення терміну роботи, через заміну застарілого обладнання, механічного пошкодження панелей тощо).

Після завершення терміну експлуатації сонячних панелей відповідно до законодавства ЄС, виробники мають забезпечити їхнє належне перероблення. У Японії, Індії та Австралії вимоги щодо перероблення лише розробляють. У США, за винятком закону штату Вашингтон, немає вимог щодо переробки сонячних панелей.

В Україні сонячні електростанції розпочали встановлювати відносно недавно, тому задача перероблення компонентів сонячної енергетики буде актуальною не раніше ніж через 12-15 років. Проте варто розпочати вирішувати дану проблему вже зараз. Процес перероблення відпрацьованого обладнання сонячних станцій не є складним. Від 85% до 95% матеріалів сонячної панелі можна виділити та переробити. Пошкоджені або зіпсовані панелі необхідно відремонтувати. У відсотковому співвідношенні панель із кристалічного кремнію – це 76% скла, 10% полімерних матеріалів, 8% алюмінію, 5% кремнієвих напівпровідників, 1% міді, менше 0,1% срібла, олова та свинцю. У тонкоплівкових модулях частка скла набагато більша - 89% (CIGS) і 97% (CdTe). Скло, мідь, свинець, алюміній та небезпечні напівпровідникові матеріали необхідно утилізувати за допомогою поєднання механічних та хімічних процесів, які мають відносно невеликий вплив на навколишнє середовище. Дані елементи доцільно переплавити або продати для використання у створенні нових сонячних панелей та іншої електроніки. Це дозволить зменшити кількість енергії, що витрачається на їхнє виробництво. Запропонований підхід до перероблення має не лише екологічний зміст, а й економічний ефект.

На даний час в Європі вивільняють для повторного використання 65-70% (за масою) матеріалів, з яких складаються сонячні модулі, що відповідає Директиві ЄС WEEE [8]. Європейський комітет зі стандартизації електротехніки (CENELEC), розробив додатковий стандарт для збирання та перероблення панелей (EN50625-2-4 та TS50625-3-5). У стандарті представлені адміністративні, організаційні та технічні вимоги, спрямовані на запобігання забрудненню та неналежне поводження, мінімізацію викидів, сприяння збільшенню частки відновлених матеріалів та операцій з глибокої переробки. Він також запобігає відвантаженню модулів-відходів на об'єкти, які не відповідають стандартним вимогам охорони навколишнього середовища та здоров'я.

Для того щоб чисті витрати на виведення з експлуатації сонячних панелей окупились, вартість одержаних матеріалів та/або вартість вивільненої землі повинні перевищувати витрати на виведення їх з експлуатації. Економічний аналіз [9] доводить, що вартість брухту фотоелектричної електростанції (переважно сталь та мідь) перевищує витрати на виведення її з експлуатації. Такий підхід дозволяє зменшити вплив відходів сонячної енергетики на навколишнє середовище.

Світовий досвід перероблення відходів СЕС та раціонального використання земельних ділянок варто запозичити й Україні, оскільки екологічний аспект перероблення відпрацьованих PV-модулів є значним, а сонячні елементи містять токсичні речовини, які є шкідливими для навколишнього середовища. Тому в період повоєнної відбудови енергетичної галузі України необхідно особливу увагу приділити не лише розвитку сонячної енергетики, але й переробленню фотоелектричних елементів та раціональному використанню площ для встановлення СЕС. Такий підхід дозволить уникнути розміщення потенційних відходів на звалищах, нераціонального використання земельних ділянок, зменшити викиди вуглецю в атмосферу за рахунок повторного використання елементів та компонентів фотоелектричних панелей, а також здешевити вартість електроенергії генерованої СЕС.

#### *Література*

1. Iryna Yaremak, Roman Yaremak State and perspectives of renewable energy development in Ukraine // V International Scientific-Technical Conference "Actual problems of renewable energy, construction and environmental engineering", Kielce University of Technology, Poland, 2021, pp. 144-146.
2. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS\\_ua\\_last.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS_ua_last.pdf).
3. Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії, IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency, URL: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Regional-Trends>.
4. Міжнародна асоціація The WEEE Forum. URL: [https://weee-forum.org/ws\\_news/international-e-waste-day-2021/](https://weee-forum.org/ws_news/international-e-waste-day-2021/).
5. Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/>.
6. Міжнародне енергетичне агентство (International Energy Agency: IEA). URL: <https://www.iea.org/>.



7. IEA and IRENA (2016), "End-of-life management: solar photovoltaic panels", available at: [www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_IEAPVPS\\_End-of-Life\\_Solar\\_PV\\_Panels\\_2016.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf).

8. Директива про відходи електротехнічного та електронного обладнання (Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)) URL: [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee_en).

9. Parikhit Sinha, Sukhwant Raju, Karen Drozdiak, Andreas Wade Life cycle management and recycling of PV systems. FAB & FACILITIES, Photovoltaics International Papers, 2018. URL: <https://www.pv-tech.org/technical-papers/life-cycle-management-and-recycling-of-pv-systems/>.

**Наукове видання**

Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції

**ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА, ПЕРЕДАЧІ, РОЗПОДІЛУ ТА ВИКОРИСТАННЯ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ**

Тези друкуються в авторській редакції.

Матеріали зверстано з електронних носіїв, наданих авторами публікацій.

Відповідальність за зміст тез несуть автори публікацій.

**РЕДАКТОРСЬКИЙ ВІДДІЛ:**

**Редактори:** Адаменко Я. О., Архипова Л.М., Мандрик О.М.

**Видавництво Івано-Франківського національного  
технічного університету нафти і газу  
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна  
тел. +380 (342) 54-72-66, факс +380 (342) 54-71-39,  
<http://nung.edu.ua>, e-mail: [admin@nung.edu.ua](mailto:admin@nung.edu.ua)  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців  
ІФ № 18 від 12.03.2002 р.**

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Папір офсетний  
Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ прим. Замовл. № \_\_\_\_\_



**PARTNERSHIP**  
WITHOUT BORDERS

Дана публікація підготовлена за фінансової підтримки Європейського Союзу. За її зміст несе відповідальність виключно Технічний університет Клуж-Напока Північний університетський центр Бая Марє (Румунія) разом з Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу (Україна), і в жодному разі не може розглядатися як така, що відображає погляди Європейського Союзу.